KITAB
ILMU FALAK
DAN HISAB
KRM. WARDAN

KITAB ILMU FALAK DAN HISAB

TJETAKAN PERTAMA
1957

Disusun oleh
K.R. MUHAMAD WARDAN
Guru M. M. T.
JOGJAKARTA

باهتمام المكتبة المترامية
لصاحبها
عبد العزيز بن نوي جوكجاكرتا

BUKU ini kami susun sesuai dengan rentjana peladjaran ilmu falak pada Madrasah Menengah Tinggi (M.M.T.) Jogjakarta dan hingga dewasa ini, masih kami adjarkan di Madrasah tersebut.

Sebenarnja buku ini telah dua kali ditjetak dengan roneo sebagai diktat bagi para peladjar pada Madrasah itu dan bagi umum jang menghadjatkannja. Kemudian untuk tjetakan ini telah kami perbaiki susunannja dan kesalahan - kesalahan jang kiranja masih banjak terdapat dalam tjetakan roneo.

Ilmu falak jang kami susun dalam buku ini, berisi teori berdasarkan ilmijah dan praktik menghitung (hisab) untuk menentukan waktu sholat, arah kiblat d.l.s. dan tjara menggunakan alat rubu'. Agar supaja dapat menambah djelasnja keterangan2, kami beri pula gambar - gambarnja.

Dalam buku ini kami bagi mendjadi tiga bagian jaitu :

Bag. ke I : sebagai pemandangan umum menerangkan hal2 jang berhubungan dengan Bumi, Bintang-bintang Sajjaroh (planeet), Matahari, Bulan, Bintang berekor, tjarit bintang d.l.l.

Bag. ke II : menerangkan bola langit dan nama-nama (isthilah) lingkaran untuk menentukan tempat bintang-bintang dalam hubungannja dengan hisab.

Bag. ke III : praktik hisab.

Koreksi perbaikan dari para ahli, sangat kami harapkan dan kami utjapkan banjak2 terima kasih.

Kemudian kehadapan Allah Subhanahu Wa-ta'ala kami pohonkan taufik dan hidajah, mudah-mudahan buku ini dapat berguna dan bermanfa'at. Amin.

Jogjakarta, $\frac{\text{7 Djumadilawwal 1374.}}{\text{1 Djanuari 1955.}}$ *Penjusun.*

BAHAN BATJAAN:

1. Al Mathla'us sa'id fi hisabatil kawakib 'alar roshdil djadid. Al Ustadz Sjeich Husain Za id.
2. Al Falakul hadits. 'Abdullathif Abul Wafa.
3. Al hai ah wal Islam. Sajid Hibatuddin Sjahrostani.
4. Al hai atul haditsah. Sjeich Ahmad Musa Zarqowi.
5. De Wonderen des hemels Flammarions Astronomie Populaire. Dr. B.C. Goudsmit.
6. De Astronomische Hemelverschijnselen. Dr. J. Van Der Bit.
7. Ilmu Falak (Cosmographie) diktat. Almarhum H. Siradj Dahlan.
8. Beberapa risalah (tulisan) karangan Almarhum Kj. H. Dahlan Semarang dan Kj. Muhammad Hasan Asj'ari.
9. D.l.l.

MUQODDIMAH.

Ilmu falak.

Ilmu falak ialah pengetahuan jang mempeladjari benda-benda langit seperti Matahari, Bulan, bintang-bintang, demikian pula Bumi jang kita tempati mengenai letak, bentuk, gerak, ukuran, lingkaran d.l.s.

Astrologie dan Astronomie.

Ilmu falak adalah dua matjam:

1. Jang dihubung-hubungkan dengan ramalan tentang kedjadian-kedjadian atau keadaan jang belum terdjadi. Pengetahuan ini disebut Astrologie (ilmu Nudjum).
2. Jang tidak dihubung-hubungkan dengan ramalan, tetapi sekedar untuk mengetahui dan mempeladjari letak, gerak, ukuran lingkaran benda-benda langit dengan didasarkan kepada ilmijah, dengan pengetahuan itu kita dapat menentukan hitungan tahun, bulan demikian pula gerhana d.l.s. Jang kedua ini disebut Astronomie (ilmu Haiāh).

Timbulnja pengetahuan falak.

Sudah mulai sedjak abad 28 sebelum Masehi, ilmu falak telah mendjadi ilmu pengetahuan dan mendjadi buah penjelidikan dan perhatian sesuatu bangsa seperti dikeradjaan Mesir, Mesopotamy, Babylon demikian pula di Tiongkok. Akan tetapi pengetahuan falak pada waktu itu masih merupakan suatu ilmu jang digunakan sebagai alat menghasilkan hitungan waktu untuk menjembah berhala (Tuhan mereka) seperti Osiris, Isis, Amon d.l.l. di Mesir, Astaroth dan Baal di Babylon dan Mesopotamy. Ditjeritakan bahwa pembahagian Minggu atas tudjuh hari itu sudah sedjak 5000 tahun, kemudian hari-hari jang tudjuh itu diberi nama dengan nama-nama benda langit jaitu: Matahari untuk hari Ahad, Bulan untuk hari Senen, bintang Mars hari Selasa, Mercurius ('Utharid) hari Rebo, Jupiter (Musjtari) hari Kamis, Venus (Zuharoh) hari Djum'ah dan Saturnus (Zuhal) hari Sabtu.

Kemudian pada abad ± 12 s.M. ilmu falak dinegeri Tiongkok telah mendapat kemadjuan sehingga telah dapat menghitungkan gerhana dan djalan peredaran bintang-bintang.

Dinegeri Junani pun, ilmu falak mendapat kedudukan jang sangat penting bahkan semakin diperluas terutama pada waktu negeri Junani mengindjak zaman keemasannja, zaman berkembangnja segala ilmu pengetahuan, jaitu kira-kira pada abad keempat s.M.

Claudius Ptolemaeus dengan Tabril-Magesthi.

Kemudian pada abad 2 s.M. terdapat seorang pudjangga ahli bintang terkenal bernama Claudius Ptolemaeus di Iskandrija (Egypte). Dia keturunan bangsa Junani. Selain ahli dalam ilmu bintang, terkenal djuga sebagai ahli dalam ilmu djughrofi. Dalam tjatatannja diketahui bahwa Djawa dan Tapanuli telah dikenal pada masa itu. Ia telah berhasil menghimpun pengetahuan tentang bintang - bintang dalam suatu naskah disebut Tabril-Magesthi. Naskah inilah jang tersiar diseluruh dunia serta mendjadi dasar dan pedoman tentang ilmu bintang. Kemudian pada th. 325 naskah tersebut telah diperluas oleh Theodoseus Keizer di Roma. Dalam abad kesembilan naskah itu telah disalin kedalam bahasa Arab.

Ilmu falak pada zaman kemadjuan Islam.

Pada zaman Cholifah Al-Makmun (abad 9) zaman keemasan Islam dan pada waktu dipusat pemerintahan Al-Makmum (Baghdad) mendjadi pusat segala ilmu pengetahuan dari seluruh dunia, ilmu falak termasuk diantara ilmu-ilmu jang sangat dipentingkan, terutama berhubung dengan hadjat kaum Muslimin untuk menentukan kiblat, waktu sholat, tanggal permulaan bulan d.l.l.

Demikianlah keadaan ilmu falak pada zaman Daulah 'Abbasijah mendapat kemadjuan jang sangat pesat serta dapat diperluas sesuai dengan hadjat dan kepentingan masjarakat Islam pada waktu itu, demikian pula dikeradjaan Islam sesudah Daulah 'Abbasijah, hingga didalam kalangan Islam terdapat beberapa pudjangga falak terkenal misalnja: Sultan Olghy By, Ibnu Sjatir, Abu Roihan, Abu Ma'sjar d.l.l. Pada umumnja jang dipakai pedoman dan dasar oleh mereka, ialah naskah Tabril Magesthi karangan Claudius Ptolemaeus.

Ilmu falak pada zaman kemadjuan Barat. Anggaran lama dan anggaran baru.

Kemudian pendapatan2 ahli bintang Islam tersebut diatas masih dilangsungkan dengan diperluas oleh pudjangga2

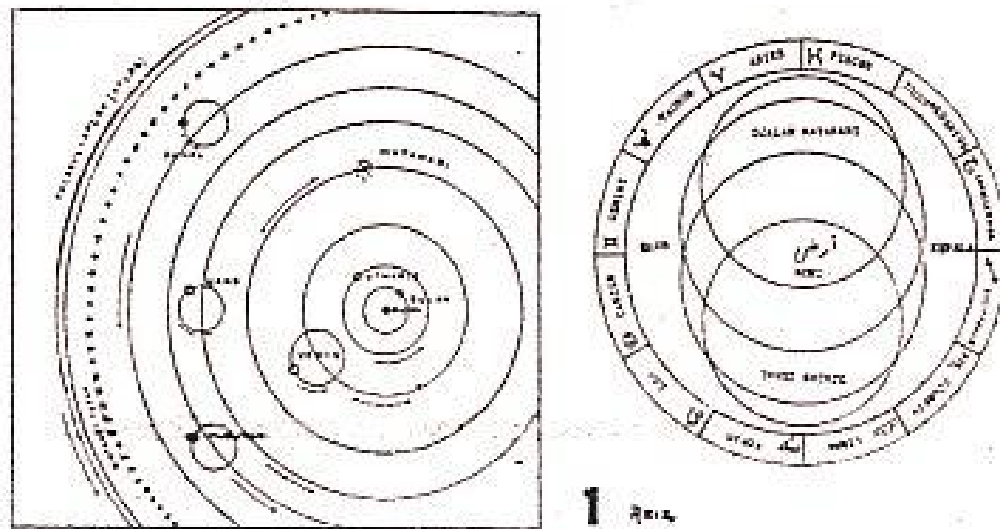
ahli bintang Barat, sehingga timbulnja aliran dan anggaran2 baru jang ditimbulkan oleh pendapatan seorang ahli bintang jang terkenal bernama Nicolaus Copernicus (lahir pada th. 1473 dikota Thorn diantara daerah Pruisen dan Polen). Anggaran2 mulai sedjak timbulnja pendapatan Copernicus disebut anggaran baru. Adapun jang sebelumnja jaitu anggaran Ptolemaeus disebut anggaran lama. Perbedaan diantara dua matjam anggaran itu, bahwa menurut anggaran lama, Bumi jang kita tempati ini tinggal tetap pada tempatnja tidak bergerak dan tidak beredar, dan Bumi itu diliputi bola air, kemudian bola udara dan kemudian bola api. Kemudian sesudah itu (diatasnja), dikelilingi falak (lingkaran) Bulan, kemudian falak bintang 'Utharid (Mercurius), kemudian falak Zuharoh (Venus), sesudah itu falak Matahari, kemudian falak bintang Mars, sesudah itu falak Musjtari (Jupiter), kemudian falak Zuhal (Saturnus). Kemudian sesudah itu terdapat falak2 bintang tetap, dan pada achirnja (jang teratas sekali) ialah Atlas atau disebut Falakul-aflaq Menurut anggaran lama, Atlas tersebut selalu bergerak dan beredar dari timur ke barat dengan menggerakkan seluruh falak2 tersebut diatas. Gerak dan beredarnja falak2 ini menimbulkan gerak dan beredarnja bintang2 jang menempati falak2 itu. Oleh karena peredaran inilah, maka timbul terbit dan-terbenam Matahari, Bulan dan bintang2. Menurut anggaran ini, Bumi kita mendjadi pusat dari segala peredaran Matahari, Bulan dan bintang2.

Menurut anggaran baru, Matahari lah jang mendjadi pusatnja, dan diedari oleh bintang2; 'Utharid, Zuharoh, Bumi, Mars, Musjtari, Zuhal, kemudian bintang Uranus dan Neptunus, masing2 beredar diatas falaknja sendiri2. Kemudian sesudah itu terdapat beberapa bintang tetap sedjenis dengan Matahari. Bintang2 Sajjaroh tersebut termasuk Bumi kita, ketjuali bergerak mengedari Matahari, djuga bergerak beredar pada sumbunja.

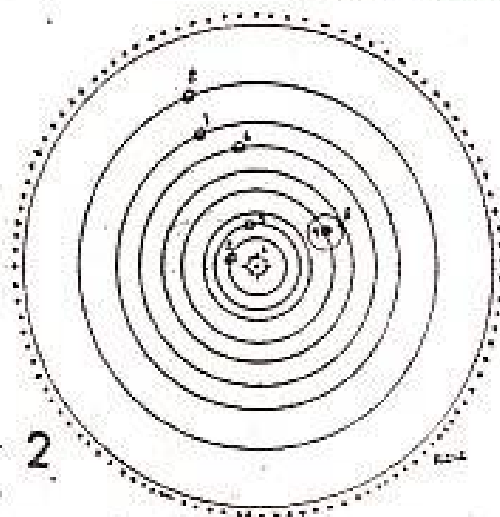
Anggaran baru ini dikuatkan dan diikuti oleh Giordeno Bruno lahir th. 1548 didekat Napels Italia dan oleh Galileo Galilei lahir th. 1564 di Paris. Akan tetapi diantara pendapatan Coperniwa lingkaran atau falak bintang2 Sajjaroh selama mengedari Matahari itu bundar, padahal tidaklah demikian.

Kemudian datanglah seorang ahli bintang terkenal bernama Johan Kepler (th. 1571—1630 di Djerman). Dia berhasil dapat membuktikan atas kekeliruan anggapan tersebut dengan mengadjukan beberapa bukti jang dapat menundjukkan bahwa lingkaran atau falak bintang2 Sajjaroh termasuk Bumi kita ini tidaklah bundar, tetapi berupa ellips (lingkaran berupa budjur telur), dan Matahari tidak di-tengah2nja.

Demikianlah keadaan ilmu falak makin meningkat dan madju dengan pesat disebabkan timbulnja beberapa pudjangga ahli bintang seperti: Tycho Brahe, Isaac Newton, Dalambre, Lalande dll., dan pula sebab timbulnja beberapa alat baru jang dapat menambah sempurna atas penjelidikan benda-benda langit.

1

Anggaran lama (Ptolamaeus).

2

1. Matahari
2. Utharid (Mercurius)
3. Zuharoh (Venus)
4. Bumi
5. Bulan
6. Mirrich (Mars)
7. Musjtari (Jupiter)
8. Zuhal (Saturnus)
9. Bintang-bintang tetap.

Anggaran baru tjiptaan Copernicus.

BAHAGIAN KE I.

BUMI.

Bumi jang kita tempati ini termasuk bintang Sajjaroh (Planeet), jaitu bintang2 jang mengedari Matahari, seperti bintang 'Utharid, bintang Zuharoh, bintang Mirrich d.l.l. Adapun bentuknja bulat seperti bola.

Bumi itu mempunjai dua matjam gerak, jaitu gerak harian dan gerak tahun. Jang pertama, jaitu gerak Bumi beredar pada sumbunja, sekali edaran lamanja 24 djam (sehari semalam). Jang kedua, ialah gerak Bumi mengedari Matahari, sekali edaran lamanja 365 hari 5 djam 48 menit dan 46 detik (satu tahun).

Bumi selama mengedari Matahari, djika dilukiskan seakan-akan timbul suatu garis lingkaran disebut madar atau falaknja (djalan Bumi), falak ini melalui tengah2 sumbu Bumi. Sebagaimana keterangan didalam muqoddimah, falak Bumi tidak bundar, tetapi berupa ellips (lingkaran berupa budjur telur), dan Matahari tidak terletak ditengah2-nja, tetapi terletak disalah satu pusatnja. Pada tiap2 lingkaran berupa ellips terdapat dua buah pusat, letak kedua-duanja dekat kepada udjung ellips. Udjung jang terdekat kepada Matahari dinamai **kepala (perihelium atau hadlidl)**, udjung jang lain dinamai **ekor (aphelium atau audj)**. Bentuk ellips mempunjai dua buah garis tengah, jang pertama disebut garis tengah pendek dan jang lain disebut garis tengah pandjang. Perbandingan antara djarak kedua pusat dengan garis tengah pandjang disebut **excentriciteit.**

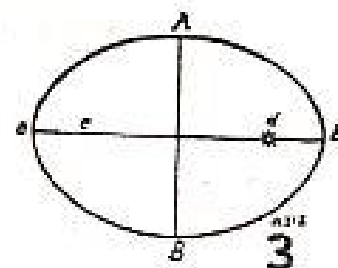
Excentriciteit djorong falak Bumi 0,0168.

Ketika Bumi tiba di perihelium, Matahari tampak besar dan djauhnja dari Bumi pada waktu itu ± 145700000 Km., ketika tiba di aphelium tampak lebih ketjil dan djauhnja dari Bumi ±151800000 Km. Gerak Bumi ketika di perihelium tjepat, dan ketika di aphelium lambat.

Selama mengedari Matahari, sumbu Bumi tidak tegak lurus pada falak Bumi, tetapi mering bersudut 66 deradjah 33 menit. Oleh karena ini, letak lingkaran chottul-istiwak Bumi mering dari falaknja 23 deradjah 27 mn. (90° — 66° 33'). Oleh karena itu, maka Matahari terlihat dari Bumi,

kadang-kadang disebelah utara chottul-istiwak atau diselatannja dan kadang-kadang ditengah-tengah tepat chottul-istiwak (lihat gambar 4 dan 5).

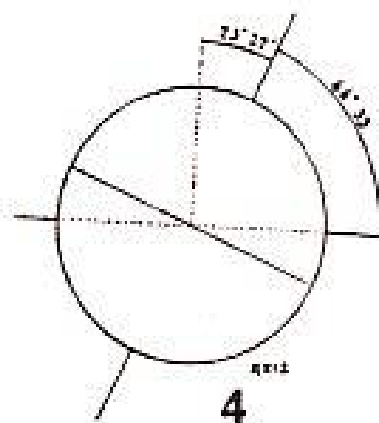
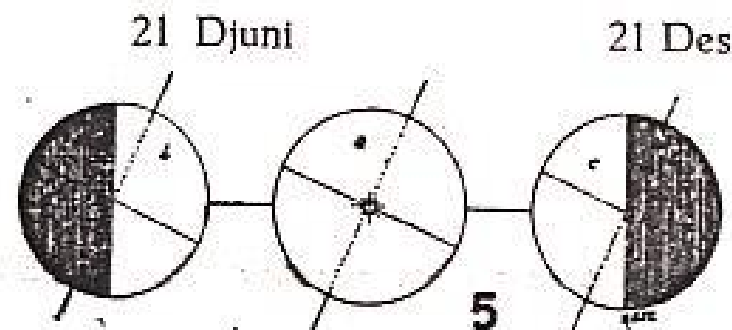
3

4

21 Maret

a = ekor (aphelium)
b = kepala (perihelium)
AB = garis tengah pendek.
a b = „ „ besar.
$\frac{cd}{ab}$ = excentriciteit.

21 Djuni 21 Des

5

22 Sep.

a. Matahari tiba di cht. ist. b. diutara cht. ist. dan c. tiba diselatan cht. ist.

DAERAH IKLIM BUMI.

Djika kita lukiskan sebuah garis pada keliling Bumi ditengah - tengah benar antara kedua kutub, akan terlukis sebuah lingkaran besar membagi Bumi mendjadi dua bagian, sebagian disebelah utara dan jang lain disebelah selatan. Lingkaran tersebut dinamai chottul - istiwak (aequator). Kemudian kita lukiskan lagi dua buah garis sedjadjar dengan chottul - istiwak, sebuah diutaranja, jang lain diselatannja, djauh kedua - duanja dari chottul - istiwak 23° 27', maka akan terlukis dua buah lingkaran ketjil, jang disebelah utara disebut **lingkaran sarothon = balik utara** (kreeftskeerkring) dan jang diselatan disebut **lingkaran djadyu = balik selatan** (steenbokskeerkring). Tempat jang terletak diantara dua buah lingkaran tersebut dinamai **daerah panas.**

Kemudian kita lukiskan lagi dua buah garis sedjadjar dengan chottul - istiwak, sebuah disebelah utara dan jang lain disebelah selatan, djauh kedua - duanja dari kedua kutub 23° 27', maka akan terlukis dua buah lingkaran ketjil, jang disebelah utara disebut **lingkaran kutub utara,** dan jang disebelah selatan disebut **lingkaran kutub selatan.** Tempat jang terletak diantara lingkaran sarothon dan lingkaran kutub utara disebut **daerah sedang utara,** dan jang terletak diantara lingkaran djadyu dan lingkaran kutub selatan disebut **daerah sedang selatan.**

Tempat jang terletak diantara lingkaran kutub utara dan kutub utara disebut **daerah dingin utara,** dan jang terletak diantara lingkaran kutub selatan dan kutub selatan disebut **daerah dingin selatan.**

SIANG DAN MALAM.

Disebabkan bentuk Bumi bulat, dengan seketika Matahari tidak dapat menjinari seluruh bagian Bumi. Oleh karena pula Bumi beredar pada sumbunja selama 24 djam, maka bagian Bumi jang mendapat sinar Matahari berganti - ganti, dan karena inilah maka terdjadi waktu siang dan malam. Waktu siang ialah waktu selama dibagian Bumi berhadapan dengan Matahari (memperoleh sinarnja), dan malam ialah selama dibagian Bumi tidak berhadapan dengan Matahari (tidak memperoleh sinarnja). Batas antara dua bagian itu disebut **lingkaran bajangan.**

Sebagaimana jang telah diterangkan, Matahari terlihat dari Bumi, kadang - kadang diutara chottul-istiwak atau diselatannja dan kadang - kadang tepat ditengah - tengahnja. Apabila Matahari diutara chottul - istiwak, kutub utara termasuk bagian Bumi jang berhadapan dengan Matahari selama ± 6 bulan. Dalam waktu ini, tanah dikutub utara terus - menerus dalam keadaan siang tidak terdjadi waktu malam, tetapi sebaliknja tanah dikutub selatan selama waktu itu, terus - menerus dalam keadaan malam dan tidak terdjadi waktu siang. Apabila Matahari tiba ditengah - tengah chottul - istiwak, sinar Matahari dapat merata keseluruh bagian Bumi jang pada waktu itu berhadapan dengan Mata-

hari, artinja kedua kutub utara dan selatan dapat memperoleh (dilalui) sinar Matahari, hingga bagi tempat dikutub utara dan selatan, tiap 24 djam terdjadi siang dan malam, dan dalam keadaan ini, lama siang dan malam sama bagi diseluruh tempat, jaitu lama siang 12 djam demikian pula lama malamnja. Tetapi djika Matahari tiba diutara atau diselatan chottul-istiwak, lama siang dan malam diseluruh tempat tidak sama ketjuali ditempat jang terletak dichottul-istiwak. Bagi tempat dichottul-istiwak, selama-lamanja lama waktu siang dan malam sama.

Pandjang dan pendeknja waktu siang/malam bagi tempat jang tidak terletak dichottul-istiwak, sedang Matahari diutara atau diselatan chottul-istiwak, menurut djauh dan dekatnja tempat dari chottul-istiwak, (lebar tempatnja). Lebih djelas lihat daftar tersebut dibawah.

Ketika Matahari diutara chottul-istiwak, bagi tempat jang terletak diutara chottul-istiwak (**persamaan arah**), waktunja siang lebih pandjang dari pada malamnja, tetapi bagi tempat diselatan chottul-istiwak (**berlainan arah**), adalah sebaliknja. Kemudian apabila Matahari diselatan cht. istiwak, maka adalah sebaliknja diatas.

Daftar dibawah ini menerangkan lama waktu siang jang **paling lama dan jang paling pendek bagi dibeberapa tempat.**

Lebar tempat	waktu siang paling lama	waktu siang paling pendek	Lebar tempat	Matahari tidak terbenam selama	Matahari tidak terbit selama
0°	12 dj. 0 mn.	12 dj. 0 mn.			
5°	12 „ 17 „	11 „ 43 „	66°		
10°	12 „ 35 „	11 „ 25 „	33'	1 hari	1 hari
15°	12 „ 53 „	11 „ 7 „			
20°	13 „ 13 „	10 „ 47 „	70°	65 „	60 „
23° 27	13 „ 27 „	10 „ 33 „			
25°	13 „ 34 „	10 „ 26 „	75°	103 „	97 „
30°	13 „ 56 „	10 „ 4 „			
35°	14 „ 22 „	9 „ 38 „	80°	134 „	127 „
40°	14 „ 51 „	9 „ 9 „			
45°	15 „ 26 „	8 „ 34 „	85°	161 „	153 „
50°	16 „ 9 „	7 „ 51 „			
55°	17 „ 7 „	6 „ 53 „	90°	186 „	179 „
60°	18 „ 30 „	5 „ 30 „			
65°	21 „ 9 „	2 „ 51 „			
66° 33	24 „ 0 „	0 „ 0 „			

PANDJANG DAN LEBAR TEMPAT.

Untuk mengetahui dimana letak suatu tempat, dilukiskan beberapa garis diatas bola Bumi. Garis-garis itu ada dua matjam, jaitu **garis kutub kekutub** atau **lingkaran siang** (meridian) dan **garis lintang** atau **lingkaran lintang** (perallel).

Garis kutub kekutub ialah **garis (lingkaran)** menaruh Bumi melalui kedua kutub. Adapun **garis** lintang ialah garis (lingkaran) sedjadjar dengan cht. **istiwak.**

Kemudian jang dinamakan **pandjang tempat** ialah djauh tempat dari garis kutub kekutub 0° (jang melalui kota Greenwich) ditimur atau dibaratnja **dengan ukuran** deradjah sepandjang cht. istiwak. Misalnja kota Mekkah pandjang tempatnja l.k. 40° sebelah timur.

Adapun **lebar tempat** ialah djauh tempat dari cht. istiwak diutara atau selatannja dengan **ukuran** deradjah sepandjang garis kutub kekutub 0°. **Misalnja kota Mekkah,** lebar tempatnja 21° 30' sebelah utara, **kota** Jogjakarta 7° 48' sebelah selatan. Dalam istilah 'Arab, pandjang tempat disebut **thul balad** dan lebar tempat disebut **'urudl balad.**

Daftar dibawah ini, menerangkan pandjang dan lebar tempat bagi sementara kota-kota ditanah air kita Indonesia.

Nama tempat	lebar tempat dr. mn.	pandjang tempat dr. mn.	Nama tempat	lebar tempat dr mn.	pandjang tempat dr. mn.
Amuntai	2 24 s	115 9 t	Bengkulen	3 48 s	102 15 t
Amurang	1 12 u	124 35 t	Bengkalis	1 31 u	102 8 t
Ambon	3 42 s	128 10 t	Bima	8 27 s	118 45 t
Aru (pulau)	6 0 s	134 30 t	Bindjai	3 39 u	98 27 t
Bali	8 20 s	115 0 t	Bintuhan	4 47 s	103 21 t
Balikpapan	1 13 s	116 51 t	Bogor	6 37 s	106 48 t
Bandjarnegara	7 26 s	109 40 t	Bodjonegoro	7 10 s	111 53 t
Bandjarmasin	3 22 s	114 40 t	Bondowoso	7 55 s	113 50 t
Bandung	6 57 s	107 37 t	Ceram	3 0 s	129 0 t
Bangkalan	7 3 s	112 46 t	Djakarta	6 10 s	106 49 t
Bangil	7 38 s	112 47 t	Djambi	1 36 s	103 38 t
Banjuwangi	8 14 s	114 23 t	Djember	8 10 s	113 42 t
Baturadja	4 7 s	104 12 t	Djombang	7 32 s	112 13 t
Banten	6 1 s	106 9 t	Demak	6 54 s	110 37 t

Nama tempat	lebar tempat dr. mn.	pandjang tempat dr. mn.	Nama tempat	lebar tempat dr. mn.	pandjang tempat dr. mn.
Dompu	8 30 s	118 28 t	Makasar	5 85 s	119 27 t
Donggala	0 42 s	119 45 t	Mandar	2 40 s	119 30 t
Fakfak	3 52 s	132 20 t	Manukwari	1 0 s	134 5 t
F. dekock	0 18 s	100 22 t	Martapura	4 16 s	104 15 t
Garut	7 13 s	107 54 t	Maulabuh	4 11 u	96 7 t
Gn.Sitoli	1 19 u	93 36 t	Medan	3 38 u	98 38 t
Gorontalo	0 34 u	123 5 t	Mempawa	0 20 u	108 58 t
Halmahera	1 0 u	128 0 t	Menado	1 33 u	124 53 t
Indramaju	6 20 s	108 18 t	Menggala	4 27 s	105 14 t
Indrapura	2 3 s	100 56 t	Modjokerto	7 28 s	112 26 t
Inderagiri	0 40 s	102 30 t	Morotai	2 10 u	128 10 t
Kediri	7 49 s	112 0 t	Muaratewe	0 31 s	114 53 t
Kepahjang	3 38 s	102 34 t	Padang	0 57 s	100 21 t
Kotaagung	5 28 s	104 37 t	Pad. Pandjang	0 27 s	100 23 t
Kotabaru	1 5 s	101 42 t	P.Sidempuan	1 25 u	99 14 t
Kotabaru	3 17 s	116 13 t	Pajakumbuh	0 13 s	100 37 t
Kotamubagu	0 48 u	124 21 t	Palembang	2 59 s	104 47 t
Kotawaringin	2 25 s	111 31 t	Paloppo	3 1 s	120 13 t
Kandangan	2 47 s	115 20 t	Pangkalbrand.	4 4 u	98 15 t
Kualalumpur	3 9 u	101 48 t	Pangk.pinang	2 7 s	106 10 t
Kualasimpang	4 19 u	98 3 t	Pare-pare	4 1 s	119 27 t
Kudus	6 50 s	110 50 t	Pasuruan	7 40 s	112 55 t
Kupang	10 12 s	123 35 t	Pati	6 48 s	111 3 t
Kutai	0 40 u	116 50 t	Pekalongan	6 55 s	109 41 t
Kotaradja	5 34 u	95 19 t	Pemangkat	1 10 u	109 0 t
Lamongan	7 8 s	112 25 t	Pemantangsiantar	2 58 u	99 2 t
Langsa	4 31 u	97 8 t	Pontianak	0 5 s	109 22 t
Lhosumawe	5 15 u	97 7 t	Probolinggo	7 45 s	113 13 t
Lubukbasung	0 19 s	100 3 t	Pulau Roti	10 45 s	123 0 t
Lubuksikaping	0 5 u	100 10 t	Pulau Pinang	5 15 u	100 15 t
Lumadjang	8 8 s	113 14 t	Purworedjo	7 42 s	100 0 t
Lombok	8 30 s	116 38 t	Purwokerto	7 28 s	109 13 t
Madiun	7 37 s	111 32 t	Purbolinggo	7 25 s	109 22 t
Madjene	3 33 s	118 59 t	Rantau	2 55 s	115 9 t
Medura	7 0 s	113 30 t	Rembang	6 39 s	111 29 t
Magelang	4 30 s	110 12 t	Rengat	0 23 s	102 34 t
Malang	7 59 s	112 36 t	Sabang	5 54 u	95 21 t

Nama tempat	lebar tempat dr. mn.	pandjang tempat dr. mn.	Nama tempat	lebar tempat dr. mn.	pandjang tempat dr. mn.
Samarinda	0 28 s	117 11 t	Tandj. Pura	3 56 u	98 23 t
Sambas	1 18 u	109 18 t	Tarakan	3 18 u	117 35 t
Sempit	2 32 s	112 58 t	Tasikmalaja	7 27 s	108 13 t
Sawahlunto	0 40 s	100 46 t	Telukbetung	5 26 s	105 17 t
Semarang	7 0 s	110 24 t	Tebingtinggi	3 44 s	103 3 t
Sibolga	1 47 u	98 46 t	Tegal	6 54 s	109 8 t
Singkang	4 6 s	120 2 t	Tjiandjur	6 51 s	107 8 t
Situbondo	7 44 s	114 1 t	Tjilatjap	7 45 s	109 2 t
Sumba	9 50 s	120 0 t	Tjirebon	6 45 s	108 33 t
Sumbawa	8 20 s	118 0 t	Ternate	1 49 u	127 24 t
Sumenep	7 3 s	113 53 t	Timor	9 20 s	125 0 t
Surabaja	7 15 s	112 45 t			
Surakarta	7 35 s	110 48 t	**Jogjakarta**	7 48 s	110 21 t
Sungailiat	1 51 s	106 10 t	MEKKAH	21 30 u	39 58 t
Tandj. Balai	1 2 u	103 26 t	MEDINAH	24 25 u	40 0 t
Tandj. Pandan	2 45 s	107 40 t	KAIRO	30 1 u	31 13 t
Tandj. Pinang	0 55 u	104 29 t			

Daftar tersebut diatas kami kutip dari Bos Niermeyer Atlas.

Keterangan.

u = utara ; s = selatan ; t = timur ; b = barat.

UDARA.

Udara ialah suatu zat jang tidak terlihat oleh mata serta meliputi dan merekat pada Bumi karena gaja berat dan turut berputar pada sumbu Bumi. Udara terdiri dari zat pembakar (21%), zat lemas (78,1%) dan sebagian ketjil zat air, asam-arang d.l.l.

Karena udara, bintang-bintang pada siang hari tidak nampak, sebab oleh sinar Matahari, udara mendjadi terang menjilaukan mata.

Udara pada lapisan bawah lebih tebal/padat dari pada lapisan atas, oleh karena ini, udara jang dilalui sinar Matahari dari ufuk (tjakrawala) lebih tebal (l.k. 16 kali) dari pada udara jang dilalui sinar Matahari dari puntjak kepala, sehingga Matahari dapat kita lihat dengan mata biasa tidak terasa sakit ketika Matahari diufuk, tetapi tidaklah demikian apabila diatas puntjak kepala.

Karena udara pula. Matahari atau Bulan ketika diatas ufuk kelihatan besar, sebab tjahaja Matahari/Bulan ketika diufuk membias dan membelok seperti djuga halnja sebilah batang didalam air djernih akan terlihat membelok dari jang sebenarnja. Membias dan membeloknja tjahaja disebut **refractie**. Matahari makin tinggi dan naik, makin ketjil refractienja.

Refractie tjahaja Matahari ketika diufuk rata-rata 34' 54" (lihat gambar 6).

Demikian djuga karena pengaruh udara, sebelum Matahari terbit (masih dibawah ufuk timur), tjahaja siang telah memantjarkan sinarnja disebelah timur, demikian pula sesudah Matahari terbenam, tjahaja siang masih memantjarkan sinarnja disebelah barat. Apabila tidak ada udara, peralihan waktu dari siang kemalam, akan terdjadi dengan seketika, jaitu baru sadja Matahari tiba tepat dibawah ufuk barat, dengan seketika akan mendjadi gelap-gulita, tidak sebagaimana jang kita alami pada tiap hari, jaitu dengan berangsur-angsur, sedikit demi sedikit tjahaja siang makin berkurang kemudian hilang dan lenjap.

Karena udara pula, warna langit mendjadi biru. Apabila udara tidak ada, langit akan merupakan tempat gelap dan hitam, sehingga meskipun pada waktu siang, bintang-bintang akan dapat terlihat.

SENDJA.

Tjahaja siang jang masih kelihatan diufuk timur sebelum Matahari terbenam, dan jang sudah kelihatan diufuk timur sebelum Matahari terbit, disebut **sendja**. Jang pertama disebut sendja petang dan jang kedua disebut sendja pagi.

Sendja pagi sudah mulai nampak kelihatan ketika Matahari djarak djauhnja dari ufuk 17/19 deradjah. Permulaan nampaknja disebut **fadjar**. Djika fadjar ini sudah kelihatan, mulailah waktu sholat Shubuh.

Demikian pula sendja petang masih tetap kelihatan selama Matahari belum melalui djarak 17 deradjah dari ufuk. Lebih dari 17 deradjah, sendja petang sudah tidak kelihatan dan hilang. Mulai sendja petang (sjafaq ahmar = awan merah) ini tidak kelihatan, mulailah waktu 'Isja'.

Turun dan naiknja Matahari bagi disegala tempat tidak sama. Bagi orang jang bertempat tinggal di cht.istiwak sedang Matahari djuga di cht.istiwak, turun dan naiknja Matahari lurus dan tegak siku-siku pada ufuknja. Bagi jang bertempat tinggal diutara atau diselatan cht.istiwak, naik dan turunnja Matahari miring tidak lurus. Oleh karena itu, lama sendja bagi dibeberapa tempat tidak sama. Bagi tempat jang turun dan naiknja Matahari lurus, lama sendja bagi ditempat itu, sekedar waktu Matahari melalui djarak 17 deradjah (djarak lurus), jaitu selama 4 menit x 17 = 68 menit (satu djam lebih 8'). Bagi tempat jang turun dan naiknja Matahari miring, akan lebih lama nampaknja sendja. Dalam anggaran, garis miring lebih pandjang dari pada garis lurus (lihat gambar 7).

BENDA LANGIT.

Matjam-matjam benda langit ialah sebagai berikut:

1. Bintang tetap (vaste sterren = tsawa-bit), diantaranja Matahari kita.
2. Bintang sajjaroh (planeet), diantaranja Bumi jang kita tempati.
3. Bintang berekor (komeet = mudzannibaat).
4. „ tjarit (meteoor = sjuhub).
5. „ beruap (nevelvlek = sadim).
6. Kabut bintang (melkweg = madjarroh).
7. Bulan (satelliet) jaitu bintang-bintang pengikut sajjaroh.

BINTANG TETAP.

Bintang-bintang tetap itu sedjenis dengan Matahari, jaitu benda langit jang mengandung zat menjala dan bersinar serta beredar pada sumbunja. Dalam hal ini berbeda dengan bintang sajjaroh. Bintang sajjaroh tidak bernjala dan tidak bersinar. Adapun sinar jang nampak pada muka bintang-bintang itu, adalah sinar Matahari jang mengenai permukaannja sebagaimana bersinarnja Bulan.

Diantara bintang-bintang tetap, terdapat segerombolan bintang berdjuta-djuta banjaknja, nampaknja dari muka Bumi seperti awan bertjahaja memandjang dari djurusan timur laut kebarat daja. Segerombolan bintang - bintang itu disebut **kabut bintang** (**melkweg = madjarroh**). Diantaranja pula terdapat sekumpulan bintang - bintang berdjuta - djuta pula banjaknja, nampaknja seperti uap bertjahaja dan bentuknja bermatjam - matjam, ada jang bulat seperti bola, ada pula jang seperti gelang, garis melingkar dan lain - lainnja. Beberapa kumpulan bintang ini disebut **bintang beruap** (**nevelvlek = sadim**).

MATAHARI.

Matahari kita jang tiap hari kita lihat, termasuk bintang tetap, jaitu suatu benda langit mengandung zat menjala dan bersinar. Besarnja 1378000 x besar Bumi dan garis tengahnja 109,1 x garis tengah Bumi atau l.k. 1384000 Km. Djauhnja dari Bumi rata - rata l.k. 149 djuta Km. Sinarnja jang berketjepatan 300000 Km. tiap detiknja, menempuh djarak djauh diantara Bumi dan Matahari dalam waktu 8 menit.

Matahari terdiri dari zat atau gas jang selalu menjala dan bersinar, dipusatnja terdapat suatu benda disebut bidjinja diliputi zat bertjahaja disebut **photosfeer** dan dikeliling photosfeer terdapat gas bersinar **berwarna merah disebut chromosfeer**, dan dikelilingnja bertepi sinar berwarna kuning disebut **corona**.

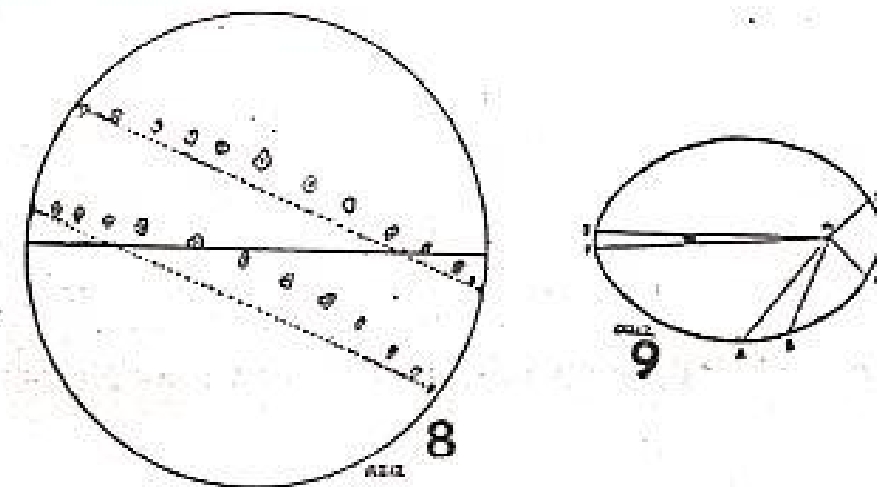
Dimuka bola Matahari terdapat beberapa bagian jang hitam sadja warnanja dan gelap. Bagian jang gelap ini disebut **bintik-bintik Matahari** (**zonne vlekken = Kulfah**), dan bentuknja bermatjam - matjam, jaitu ada jang bulat ditepinja nampak seperti bulu, dan ada pula jang berganti - ganti bentuknja dan berobah, dan kadang - kadang bintik - bintik itu hilang kemudian digantikan jang lain.

Bintik - bintik tersebut selalu berpindah - pindah, misalnja : pada hari ini sebuah bintik nampak ditepi Matahari sebelah kiri, kemudian beberapa hari lagi sudah berpindah ditengah - tengahnja, enam hari kemudian sudah berpindah lagi ketepi Matahari sebelah kanan, kemudian sesudah itu hilang dan tidak nampak. Mulai kelihatan disebelah kiri hingga tertampak lagi disebelah kiri selama l.k. 25 hari. Oleh karena itu para ahli bintang dapat menentukan bahwa Matahari

beredar pada sumbunja selama l.k. 25 hari. Lain dari pada itu, bintik - bintik tersebut ketika ditepi Matahari kelihatan lebih ketjil dari pada ketika ditengah - tengahnja, hal ini menundjukkan bahwa Matahari bentuknja bulat (lihat gambar 8).

Selain bergerak mengedari sumbunja, Matahari djuga berdjalan dengan ketjepatan 20 Km. tiap detiknja menudju kesuatu djurusan jang sampai sekarang para ahli bintang belum dapat menentukannja.

Sebagaimana jang telah diterangkan, Matahari terletak disalah satu kedua pusat falak Bumi, dan Bumi ketika di perihelium djalannja tjepat, ketika di aphelium lambat. Hal ini dapat ditentukan sebagaimana jang tersebut dalam gambar 9 (anggaran Kepler).

Oleh Kepler diterangkan bahwa segi tiga D m C luasnja sama dengan B m A dan F m E, tetapi ternjata busur C D lebih pandjang dari pada A B, dan A B lebih pandjang dari pada E F. Bumi berdjalan melalui C D lamanja sama dengan ketika melalui A B dan E F. Oleh karena itu Bumi berdjalan melalui C D lebih tjepat dari pada ketika melalui A B dan E F. Djadi tjepat dan lambatnja djalan Bumi atau bintang2 planeet lainnja dapat dibuat menentukan djauh dan dekatnja dari Matahari.

BINTANG - BINTANG PENGIKUT MATAHARI (DAERAH MATAHARI).

Matahari kita mempunjai pengikut beberapa bintang, diantaranja bintang sajjaroh, bintang berekor dan tjarit bintang.

BINTANG SAJJAROH (PLANEET).

Bintang sajjaroh ialah bintang2 jang mengedari Matahari, beredar diatas falaknja berupa ellips. Ketjuali mengedari Matahari, beredar pula pada sumbunja. Diantara bintang2 sajjaroh ialah Bumi jang kita tempati ini.

Adapun nama - namanja adalah sebagai berikut :

1. BINTANG 'UTHARID (MERCURIUS).

Bintang 'Utharid ialah bintang sajjaroh jang pertama, djauhnja dari Matahari 58 djuta Km. besarnja 0,052 x besar Bumi dan garis tengahnja 0,37 x garis tengah Bumi.

Geraknja harian ialah beredar pada sumbunja dalam 24 djam 5 menit. Geraknja tahun beredar mengelilingi Matahari selama 2 bulan 27 hari 23 djam 15' 46" (l.k. 88 hari).

Excentriciteit djorong falaknja 0,2.

Oleh karena terlalu dekat dengan Matahari, bintang 'Utharid nampaknja dari muka Bumi hanja pada waktu pagi disebelah timur sebelum Matahari terbit dan pada waktu petang disebelah barat sesudah Matahari terbenam. Nampaknja tidak lama dan tidak pada tiap - tiap hari.

Sekali edaran nampak lagi disebelah timur atau disebelah barat (**geraknja synodisch) ialah tiap 116 hari.**

Bintang 'utharid sudah diketahui sedjak th. 265 s.M.

2. BINTANG ZUHAROH (VENUS).

Bintang Zuharoh ialah bintang sajjaroh jang kedua, djauhnja dari Matahari 108 djuta Km., besarnja 0,975 x besar Bumi dan garis tengahnja 0,954 x garis tengah Bumi.

Geraknja harian beredar pada sumbunja dalam 23 djam 21', dan geraknja tahun dalam 224 hari 16 djam 49' 8".

Excentriciteit djorong falaknja 0, 00682 (hampir berbentuk cirkel).

Oleh karena dekatnja pula kepada Matahari, maka nampaknja dari muka Bumi seperti djuga nampaknja bintang 'Utharid, jaitu hanja pada waktu pagi ditimur sebelum terbit Matahari dan pada petang hari disebelah barat sesudah terbenam Matahari dan pula tidak pada tiap hari. Nampaknja lebih lama dari pada bintang 'utharid jaitu lebih dari 4 djam. Geraknja synodisch tiap 584 hari.

Bintang 'utharid, tjahjanja kelihatan amat terang sekali lebih terang dari pada bintang2 jang lain hingga mudah dikenalnja dan merupakan suatu pemandangan jang sangat indah dan menarik, sehingga didjadikan suatu kiasan kebagusan dan ketjantikan. Bintang inilah jang disebut bintang timur ketika disebelah timur, dan bintang barat ketika disebelah barat.

Falak bintang Zuharoh letaknja tidak sedatar dengan falak Bumi tetapi menjerong.

Bintang Zuharoh ini telah diketahui sedjak tahun 685 s.M. oleh bangsa Babylon.

Kedua bintang sajjaroh tersebut diatas (bintang 'Utharid dan Zuharoh) disebut bintang sajjaroh sebelah dalam, karena falak kedua bintang itu didalam falak Bumi. Adapun bintang-bintang sajjaroh lainnja (selain Bumi) disebut bintang sajjaroh sebelah luar.

3. BINTANG BUMI.

Bumi termasuk bintang sajjaroh jang ketiga. Djauhnja dari Matahari rata² 149 djuta Km., besarnja 1079,5 milliard M kubik. Garis tengahnja dari kutub kekutub 12711 Km. dan garis tengahnja cht. istiwak 12756 Km. berarti bentuk Bumi tidak bulat benar tetapi mendatar dibagian kutubnja. Perbedaan kedua garis tengah ialah 45 Km. Luas mukanja 511 djuta Km. persegi, jang 384 djuta Km. persegi merupakan lautan.

Sekedar untuk menambah pengetahuan kita, baik djuga disini kami terangkan berapakah ketjepatan Bumi beredar pada sumbunja, demikian pula ketjepatannja beredar mengelilingi Matahari. Lebih dahulu harus kita ketahui keliling Bumi, jaitu 40076630 M atau kl. 40 000 Km. Djarak jang sedjauh itu ditempuh Bumi dalam 24 djam, berarti dalam sedjamnja 1666 2/3 Km. dan sedetiknja kl. setengah Km. djadi hampir melebihi ketjepatan peluru senapang. Ketjepatan peluru senapang tiap detiknja 400 M. Ketjepatan ini masih amat djauh sekali kurangnja djika dibandingkan dengan ketjepatan Bumi beredar mengelilingi Matahari. Keliling falak Bumi lebih dari 900 djuta Km. Djarak jang sedjauh itu ditempuh Bumi selama 365,5 hari (setahun), tiap hari ditempuhnja djarak kl. 2,5 djuta Km., sedetiknja ialah 30 Km., djadi sama dengan 75 kali ketjepatan peluru.

Bumi mempunjai sebuah pengikut namanja Bulan, bentuknja bulat. Ketjuali beredar pada sumbunja, beredar djuga mengelilingi Bumi diatas falaknja. Djauhnja dari Bumi kl. 384421 Km., garis tengahnja 3480 Km. (kl. setengahnja garis tengah Bumi). Bulan tersebut adalah benda langit gelap dan padat tidak bersinar seperti djuga Bumi dan bintang2 sajjaroh.

Adapun sinar jang nampak pada muka Bulan itu adalah sinar jang diperolehnja dari sinar Matahari.

4. BINTANG MIRRICH (MARS).

Bintang Mirrich ialah bintang jang pertama diantara bintang-bintang sajjaroh disebelah luar. Djauhnja dari Matahari 228 djuta Km. garis tengahnja 0,54 x garis tengah Bumi, besarnja 0,14 x besar Bumi.

Geraknja harian dalam 24 djam 37' 23", geraknja tahun selama 1 tahun 322 hari dan excentriciteitnja 0,0933.

Porosnja tidak tegak lurus pada falaknja tetapi miring 24° 52" hampir sama dengan miring poros Bumi (23 27').

Geraknja synodisch ialah dalam 780 hari. Nampaknja dari Bumi amat terang sekali kemerah - merahan.

Pada tahun 1877 oleh Tuan Asaph Hall telah didapati dua buah Bulan pengikut Mars, tetapi kedua buah Bulan itu tidak sebesar Bulan kita. Diterangkan bahwa garis tengahnja, jang pertama 12 Km. dan jang kedua 20 Km., djauhnja dari Mars, jang pertama 9490 Km. dan jang kedua 23700 Km. Bulan kita garis tengahnja 3480 Km. dan djauhnja dari Bumi l.k. 384421 Km. Meskipun demikian kedua buah Bulan tersebut mempunjai ketjepatan besar sekali djauh lebih tjepat dari pada ketjepatan Bulan kita, karena ketjepatan kedua-duanja mengelilingi bintang Mars, jang pertama dalam 7 djam 39' 14" dan jang kedua dalam 30 djam 17' 55", sedang Bulan kita mengelilingi Bumi dalam 27 hari 7 djam 43' 11,55".

5. BINTANG MUSJTARI (JUPITER).

Djauhnja dari Matahari 778 djuta Km. garis tengahnja 11.1 x garis tengah Bumi dan besarnja 1279 x besar Bumi. Diantara bintang - bintang sajjaroh, bintang Musjtarilah jang terbesar sendiri.

Geraknja harian dalam 9 djam 51' dan geraknja tahun ialah 11 tahun 10 bulan 17 hari. Geraknja synodisch tiap 399 hari.

Porosnja hampir tegak lurus pada falaknja, jaitu miringnja hanja 3 deradjah. Excentriciteitnja 0,048.

Tjahajanja amat terang sekali hampir serupa dengan tjahja bintang Zuharoh.

Bintang Musjtari mempunjai 9 buah pengikut (Bulan), kadang-kadang pada suatu waktu nampak empat buah, dua buah disatu djurusan dan jang lain nampak didjurusan lain, kadang-kadang pula tiga buah nampak disatu djurusan, empat buah didjurusan lain, dan kadang - kadang djuga enam buah atau tudjuh atau delapan buah nampak disatu djurusan, lainnja nampak didjurusan lain, tetapi amat djarang sekali sembilan buah Bulan nampak hanja disatu djurusan.

Bintang ini telah dikenal sedjak tahun 240 s.M.

6. BINTANG ZUHAL (SATURNUS).

Djauhnja dari Matahari 1428 djuta Km., garis tengahnja 9,4 x garis tengah Bumi, besarnja 719 x besar Bumi.

Geraknja harian dalam 10 djam 15', geraknja tahun tiap 29 tahun 167 hari. Geraknja synodisch ialah tiap 387 hari.

Porosnja tidak tegak lurus pada falaknja, miringnja 28°. Excentriciteitnja 0,056.

Bintang ini mempunjai pengikut banjak sekali jaitu sepuluh Bulan. Jang agak berlainan dengan bintang sajjaroh lainnja, bahwa disekelilingnja nampak tiga buah lingkaran seperti kalung, dua buah diantaranja jaitu jang ditengah dan disebelah luar bersinar dan bertjahaja amat terang sekali, tetapi jang sebuah lagi tjahajanja kabur. Sebagian orang berpendapat bahwa tiga buah lingkaran itu terdjadi dari beberapa bintang jang beredar disekelilingnja (lihat gambar 10).

Bintang Zuhal sudah dikenal sedjak tahun 228 s.M.

7. BINTANG URANUS.

Pada tahun 1781 oleh seorang ahli bintang bernama William Herschel didapati sebuah bintang sajjaroh sesudah bintang Zuhal, jaitu bintang Uranus. Meskipun baru pada waktu itu dikenalnja, tetapi menurut pendapatan para ahli bintang, Uranus sudah ada sebelum berudjudnja Bumi.

Djauhnja dari Matahari 2873 djuta Km., garis tengahnja 4,0 x garis tengah Bumi dan besarnja 69 kali besar Bumi.

Geraknja harian selama 11 djam dan geraknja tahun ialah dalam 84 tahun 28 hari. Excentriciteitnja 0,0463 dan geraknja synodisch tiap 369,3 hari.

Kemungkinan bintang ini mempunjai pengikut banjak sekali, tetapi jang baru diketahui ialah 4 atau 5 buah.

8. BINTANG NEPTUNUS.

Neptunus adalah bintang sajjaroh jang kedelapan dan jang terachir sendiri, tetapi oleh diantara ahli bintang, diterangkan bahwa sesudah Neptunus mungkin masih terdapat beberapa bintang sajjaroh.

Djauhnja dari Matahari 4601 djuta Km., garis tengahnja 4 x garis tengah Bumi dan besarnja ialah 84 x besar BUMI.

Geraknja harian dalam 11 djam dan geraknja tahun selama 164 tahun 321 hari. Falaknja berupa ellips dengan exentriciteit 0,009.

Jang baru diketahui, bintang ini mempunjai sebuah pengikut.

Bintang Neptunus baru dikenal pada th. 1846 oleh seorang ahli bintang bernama Le Varrier, tetapi meskipun demikian menurut pendapatan beberapa ahli bintang, berudjudnja didunia lebih dahulu dari pada berudjudnja didunia bintang-bintang sajjaroh jang lain.

Pada tahun 1930 terdapat lagi sebuah bintang sajjaroh baru sesudah bintang Neptunus, jang kemudian diberi nama bintang PLUTO, djauhnja dari Matahari rata² 7660 djuta Km.

Daftar nama-nama bintang sajjaroh, djauh, besar, garis tengah d.l.s. dengan dikira-kirakan besar dan garis tengah Bumi : 1.

Nama	djauh Matahari Km.	besar	baris tengah	gerakharian	gerak tahun	gerak synodisch	excen triciteit	pe-ngikut
Matahari	0,djuta	137000	109,1	25 hari	—	—	—	—
Utharid	58 djuta	0,052	0,37	24 dj. 5'	87,97 hari	116 hr.	0,2	—
Zuharoh	108 „	0,975	0,954	23 dj. 21'	224,70 hari	584 „	0,0068	—
Bumi	149 „	1,—	1,—	23 dj. 56'4	365 hr. 5 dj. 48' 46"	—	0,0168	1
Mirrich	228 „	0,15	0,54	24 dj. 37'23"	686,97 hari	780 hr.	0,0933	2
Musjtari	778 „	1279,—	11,1	9 dj. 51'	11 th. 10 bl. 17 hr.	399 „	0,048	9
Zuhal	1428 „	719,—	9,4	10 dj. 15'	29 th. 167 hr.	378 „	0,056	10
Uranus	2873 „	69,—	4,0	11 dj.	84 th. 28 hr.	369,3	0,9463	5
Neptunus	4501 „	84,—	4,3	11 dj.	164 th 321 hr	—	0,009	1

Besar Bumi 1079,5 milliard M kubik, baris tengahnja 12756 Km.

BINTANG-BINTANG SAJJAROH KETJIL.

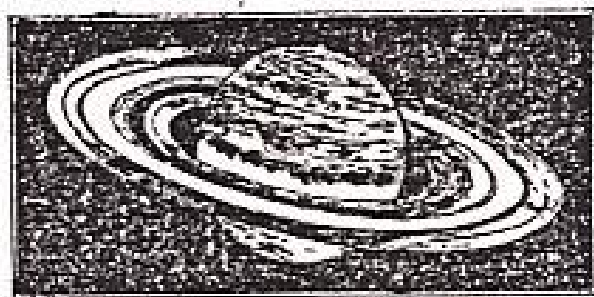
(Astroiden)

Pada tahun 1801 diantara falak bintang Mirrich dan falak Musjtari, oleh seorang ahli bintang bernama Piazzi didapati sebuah bintang sajjaroh ketjil baru, kemudian diberi nama bintang Ceres. Kemudian sesudah itu sehingga tahun 1807 didapati pula tiga buah lagi dan diberi nama Pallas, Juoo dan Vesta. Kemudian hingga th. 1920, oleh beberapa ahli bintang didapati pula bintang sajjaroh ketjil seperti tersebut diatas hingga sampai berdjumlah 914 buah, diantaranja bernama Eros, Albert, Hungaria, Astraea, Hobe, Iris, Victoria, Electra, Minerva, Tokio, Harmonia, Virginia, Erica, d.l.l. Diantara bintang-bintang tersebut jang terbesar sendiri ialah bintang Vesta (29 Maret 1807 oleh Olbers), geraknja tahun mengelilingi Matahari dalam 1326 hari, barisnja tengah k.l. 400 Km. (djauh lebih ketjil sekali dibandingkan dengan Bulan kita, baris tengah Bulan kita 3480 Km.)

Diantara bintang-bintang itu jang sedikit menarik perhatian kepada para ahli bintang ialah bintang Eros dan Albert. Bintang Eros didapati pada 13 Agustus 1898 oleh Tuan Witt di Berlijn. Diterangkan bahwa bintang ini sedjauh-djauh djaraknja dari Bumi adalah 412 djuta Km. (bintang Mars dari Bumi 73 djuta Km., Masjtari 629 djuta Km.), tetapi pada suatu waktu selama mengelilingi Matahari, akan tiba disuatu tempat jang djauhnja dari Bumi hanja 21,7 djuta Km., berarti sebagian dari falaknja masuk didalam lingkaran falak bintang Mirrich, atau dengan keterangan lain, falak bintang Eros melintasi falak Mirrich, Excentriciteit djorong falaknja 0,22, dan bintang itu barisnja tengah k.l. 16 Km.

Demikian pula bintang Albert (didapati pada 3 Oktober 1911 oleh Pallisa). Diterangkan bahwa excentriciteit djorong falaknja 0,438 (amat djorong sekali), maka pada suatu ketika, bintang tersebut selama mengelilingi Matahari, akan tiba disuatu tempat jang djarak djauhnja dari Bumi hanja 28 djuta Km., berarti pula bahwa sebagian falaknja masuk didalam lingkaran falak bintang Mirrich (melintasinja), sedang sebagian falaknja jang tardjauh dari Bumi, amat dekat sekali kepada falak bintang Musjtari. Diterangkan baris tengahnja hanja 4 à 5 Km.

Sekumpulan bintang-bintang sajjaroh ketjil tersebut diatas, dinamai bintang Astroiden.

Diantara ahli bintang berpendapat bahwa bintang-bintang sajjaroh ketjil tersebut diatas adalah terdjadi dari beberapa petjahan bintang sajjaroh besar disebabkan timbulnja suatu kedjadian luar biasa pada zaman dahulu kala.

10

BINTANG BEREKOR (KOMEET).

Bintang ini tampaknja dari muka Bumi, seperti bintang dikelilingi kabut bertjahaja memandjang kearah sebaliknja arah Matahari, bila Matahari disebelah barat maka kabut itu memandjang ketimur, inilah jang disebut ekornja (lihat gambar 11).

Bintang berekor terdiri dari dua bagian, pertama disebut kepalanja dan jang kedua disebut ekornja. Kepalanja terdiri dari dua bagian pula, pertama jang mendjadi titik pusatnja disebut **kern** atau **bidji** dan jang kedua ialah jang meliputi bidji atau kern disebut **koma** atau **rambutnja**.

Diantara ahli bintang menerangkan bahwa bintang berekor tidak padat seperti bintang sajjaroh, tetapi renggang sadja terutama ekornja, sehingga bila terdapat suatu bintang dibelakangnja, masih dapat kelihatan seolah-olah bintang berekor itu merupakan sebuah dinding katja. Diantara ahli bintang menerangkan bahwa bintang berekor itu mengandung zat menjala dan bersinar. Oleh Newton diterangkan bahwa panas bintang berekor jang nampak pada tahun 1680 adalah 200 kali panas besi, tetapi diantara zat-zatnja, ada jang bersinar karena menerima sinar Matahari seperti djuga bersinarnja Bulan dan bintang-bintang sajjaroh.

Bintang berekor termasuk lingkungan daerah Matahari, jaitu beredar mengelilingi Matahari diatas falaknja. Falaknja tidak berupa ellips melainkan membudjur pandjang sekali (parabool) atau terlalu amat pandjangnja (hyperbool) dan lagi falaknja melintasi falak bintang2 sajjaroh (lihat gambar 12 dan 13).

Bintang-bintang berekor jang terkenal.

Bintang Encke. Bintang ini mengelilingi Matahari dalam 3,304 tahun. Falaknja dititik kepala (perihelium) berdekatan dengan falak 'Utharid, titik ekornja (aphelium) sampai diantara falak Mirrich dan Musjtari dengan excentriciteit 0,846. Pernah kelihatan pada tgl. 24 Maret 1918.

Bintang Biela. Bintang ini didapati dan nampak pada tgl. 27 Pebruari 1826 oleh Tuan Biela, kemudian nampak lagi pada tahun 1832, tahun 1839. Kemudian pada tgl. 29 Desember 1845 bintang tersebut kelihatan lagi dan telah mendjadi dua, masing-masing dengan bidji (kern), rambut (koma) dan ekornja. Dua pasang bintang itu djarak antara keduanja makin lama makin djauh, tetapi kemudian kembali makin lama makin mendekat kemudian hilang tidak nampak.

Kemudian pada achir bulan Agustus tahun 1852, kedua pasang bintang tersebut kelihatan lagi dengan djarak djauh diantara keduanja l.k. 2 djuta Km. Kemudian telah dinanti-nantikan akan nampaknja lagi pada tahun 1859, 1866, 1872, 1878, 1885, 1892 dan seterusnja, jang sebenarnja menurut peredarannja akan kelihatan lagi pada tahun-tahun itu, tetapi keadaannja tidaklah demikian.

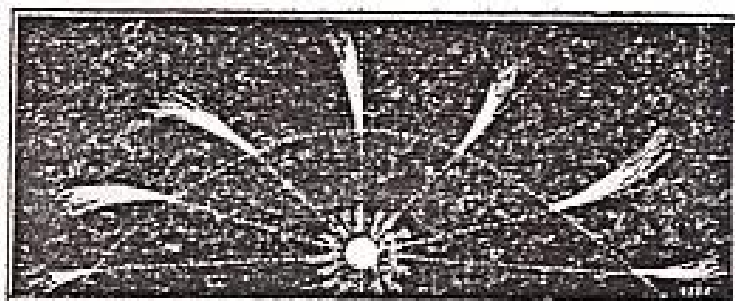
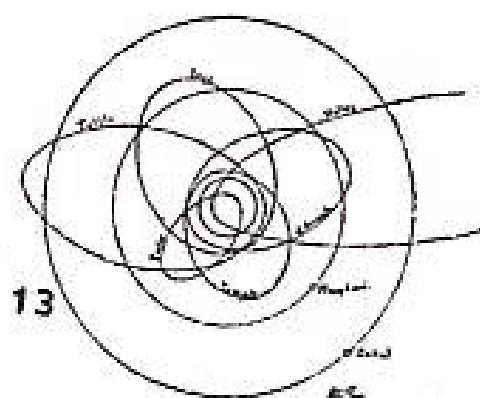
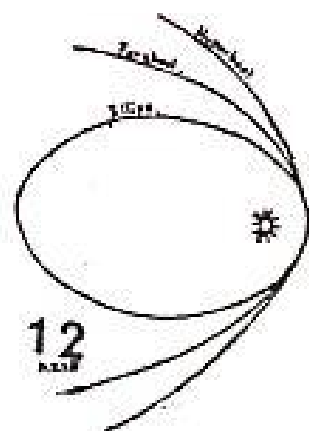
Bintang Donatie. Bintang ini didapati pada tgl. 2 Djuni 1858 oleh Tuan Donatie dan pada bulan September dan Oktober dalam tahun itu djuga terlihat dengan mata biasa. Pandjang ekornja 60 atau l.k. 70 djuta Km. dan kernnja bergaris tengah 900 Km. Peredarannja mengelilingi Matahari l.k. dalam 1950 tahun.

Bintang Halley. Bintang ini nampak pada tahun 1682, 1758, 1834 dan achirnja pada bulan April tahun 1910, berarti bahwa bintang ini pada tiap 76 tahun akan nampak lagi.

Daftar tersebut dibawah ini menerangkan sementara nama-nama bintang berekor dengan diterangkan geraknja siderisch jaitu gerak peredarannja mengelilingi Matahari, demikian pula excentriciteit djorong falaknja dan waktu pernah tampak.

Nama	Pernah tertampak pada	gerak siderisch.		excentriciteit.
Encke	24 Maret 1918	3,304	tahun	0,846
Tempel	16 Djuni 1920	5,173	„	0,558
Brorsen	30 Maret 1879	5,463	„	0,810
De Vico	12 Oktober 1894	5,855	„	0,571
D' Arrest	16 Sept. 1910	6,542	„	0,637
Biela	23 Sept. 1852	6,615	„	0,756
Faye	1 Nopemb. 1910	7,438	„	0,566
Tuttle	28 Oktober 1912	12,149	„	0,806
Pons	25 Djanuari 1884	71,56	„	0,955
Halley	19 April 1910	76,02	„	0,967

11

12 13

TJARIT BINTANG (METEOOR).

Tjarit bintang nampak dari muka Bumi seperti bintang djatuh atau berpindah tempat, atau seperti lemparan bintang.

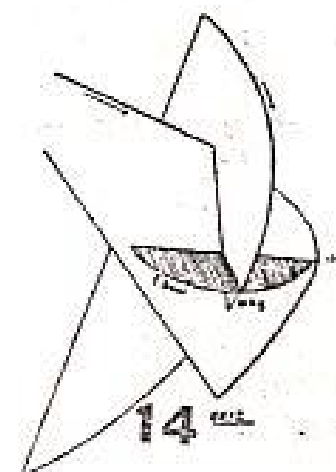
Adapun jang sebenarnja, tjarit bintang itu terdjadi, karena suatu benda langit terpelanting dari tempatnja sebab tertarik oleh gajaberat Bumi, kemudian benda itu masuk

dan melalui udara Bumi dengan sangat tjepatnja sehingga timbul pergosokan antara benda itu dengan udara. Sebab pergosokan ini, benda itu mendjadi panas dan bernjala, kemudian hantjur seluruhnja mendjadi uap (udara). Ada djuga diantara benda-benda itu tidak seluruhnja jang hantjur, tetapi masih bersisa berudjud batu disebut batu meteoor djatuh ditanah.

Adapun sampai terdjadi demikian, jaitu bahwa didaerah Matahari terdapat beberapa kumpulan benda-benda ketjil beribu-ribu banjaknja. Kumpulan-kumpulan benda ini bergerak dan beredar mengelilingi Matahari diatas falaknja jang amat djorong sekali. Falak tersebut melintasi falak Bumi. Oleh karena itu, Bumi pada suatu waktu dapat bertemu dengan kumpulan-kumpulan benda ketjil tersebut, kemudian terdjadi diantara benda-benda itu masuk perangkap didalam udara Bumi hingga menimbulkan kedjadian-kedjadian seperti tersebut diatas (lihat gambar 14).

Beberapa kali tjarit bintang itu nampak kepada kita pada malam hari terutama pada tgl. 10 sampai 12 bulan Agustus dan pada tgl. 12 hingga 14 bulan Nopember.

Pada tahun 1833 pernah terdjadi hudjan bintang amat lebat sekali jaitu nampak beribu-ribu tjarit bintang berdjatuhan selama 7 djam. Kemudian pada tahun 1866 terdjadi pula hudjan bintang amat lebat sekali seperti pada tahun 1833, tetapi lamanja hanja 3 djam. Pada tahun 1899 terdjadi lagi hudjan bintang, tetapi tidak selebat dan selama hudjan bintang pada th. 1866.

14

BULAN (SATELLIET).

Bulan ialah benda langit pengikut bintang - bintang sajjaroh. Bentuknja bulat dan padat tidak bersinar. Sebagaimana jang telah diterangkan bahwa Bumi kita hanja mempunjai sebuah Bulan.

Bulan pengikut Bumi.

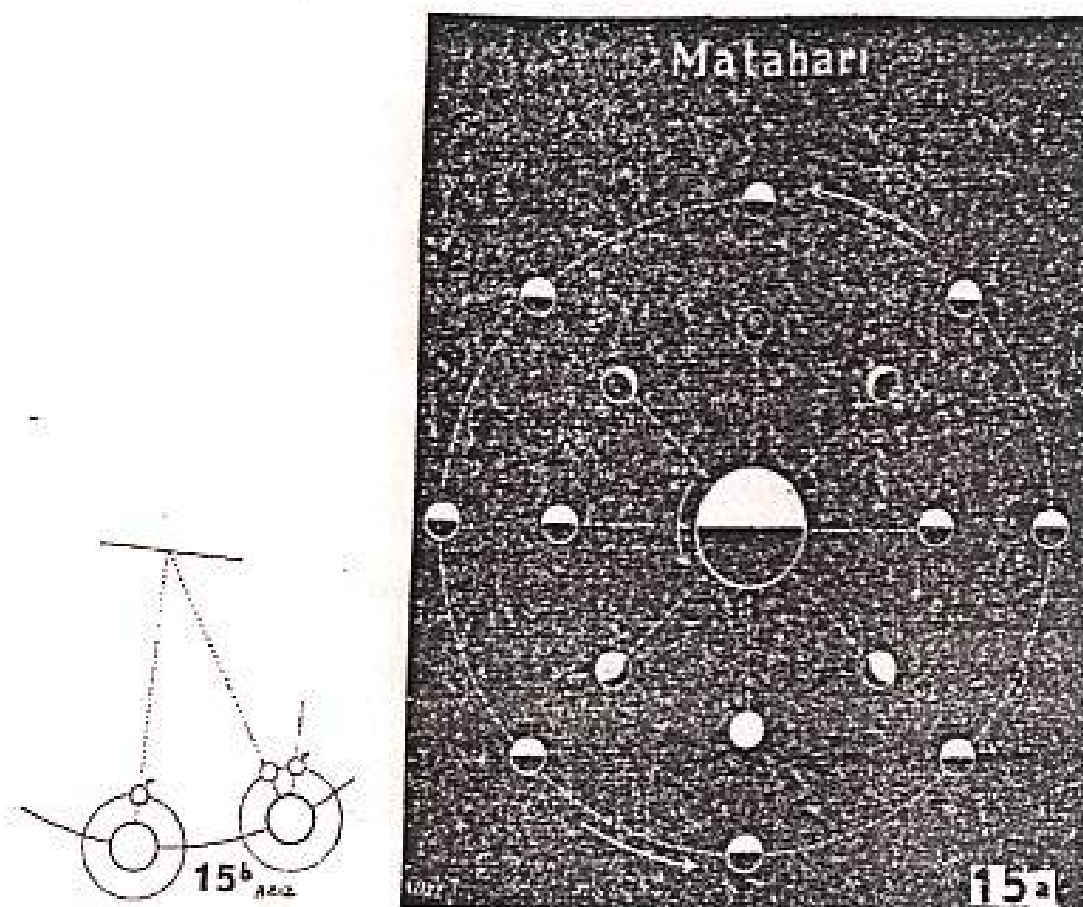
Djauhnja dari Bumi rata-rata 384421 Km., garis tengahnja 3480 Km. Falak Bulan mengelilingi Bumi tidak bundar tetapi berupa ellips dengan excentriciteit 0,0549. Titik pada falaknja jang terdekat dengan Bumi disebut perigeum dan jang terdjauh dari Bumi disebut apegeum. Oleh karena itu djauh Bulan dari Bumi tidak tetap, ketika di perigeum djauhnja 363 000 Km., dan ketika di apegeum 405 000 Km.

Garis tengah pandjang falak Bulan (garis apsiden) tidak tetap pada satu djurusan tetapi bergerak menudju kearah sebaliknja tudjuan Bulan sekali edaran lamanja 3232 hari (9 tahun kurang).

Falak Bulan tidak sedatar dengan falak Bumi, sehingga tidak terdjadi gerhana Bulan pada tiap Bulan purnama, dan **gerhana Matahari pada tiap Bulan baru.** Miringnja dari ecliptica (da - irotul - burudj) keutara atau keselatan ialah 5° 8' 48".

Gerak siderisch dan synodisch Bulan.

Gerak siderisch Bulan ialah gerak Bulan beredar mengelilingi Bumi sekali edaran dalam 27 hari 7 djam 43' 11, 55", tetapi selama itu, Bulan belum kembali bertemu (sebaris) dengan Matahari, sebab selama Bulan bergerak mengelilingi Bumi, Bumi pun bergerak djuga mengelilingi Matahari dan telah berpindah dari tempatnja, djadi meskipun Bulan telah sempurna pada falaknja mengelilingi Bumi, tetapi belum lagi kembali bertemu dengan Matahari (lihat gambar 15). Gerak Bulan mengelilingi Bumi mulai bertemu (sebaris) dengan Matahari hingga bertemu kembali dengan Matahari ialah selama 29 hari 12 djam 44' 2,5" (satu bulan komarijah). Gerak Bulan selama ini disebut geraknja **synodisch.**

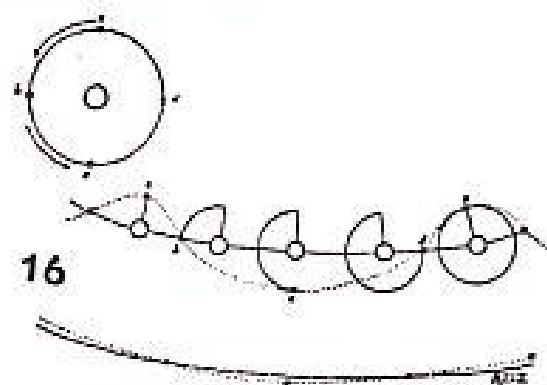
Dalam gambar 15, gerak Bulan dari c 1 hingga c 2 ialah gerak siderisch dan dari c 1 hingga d gerak synodisch.

Oleh karena sinar Bulan jang nampak kepada kita hanja pindjaman dari sinar Matahari dan Bulan selalu berdjalan mengelilingi Bumi, maka sinar Bulan pada tiap malam tidak selamanja kelihatan penuh seperti pada Bulan purnama, akan tetapi kadang-kadang hanja nampak ketjil sekali seperti sabit disebut **hilal,** jaitu pada ketika tanggal 1, dan pernah pada suatu malam tidak kelihatan sama sekali jaitu ketika pada achir bulan.

Ketika Bulan tiba ditengah-tengah antara Matahari dan Bumi (sebaris), sinar Bulan tidak kelihatan dari muka Bumi, sebab bagian Bulan jang menerima sinar Matahari tidak berhadapan dengan Bumi, pada waktu itu disebut Bulan bertemu dengan Matahari atau disebut **Bulan idjtima'** (conjunctie). Kemudian setelah berpisah tidak sebaris lagi,

baru nampak sinarnja seperti sabit, jaitu pada bulan pertama. Enam atau tudjuh hari kemudian, Bulan nampak setengah penuh, pada waktu itu disebut Bulan tiba diperempatan pertama (**tarbi' awwal**). Ketika Bumi tiba ditengah-tengah antara Bulan dan Matahari, sinar Bulan nampak penuh bulat (Bulan purnama), karena pada waktu itu bagian Bulan jang menerima sinar Matahari berhadapan benar dengan Bumi. Pada waktu itu disebut Bulan **istiqbal (oppositie)**. Kemudian l.k. 7 hari sesudah istiqbal, Bulan nampak setengah penuh lagi, pada waktu itu disebut Bulan tiba pada perempatan terachir (tarbi' achir). Kemudian sesudah l.k. 7 hari, Bulan kembali kepada idjtima' jaitu bertemu lagi dengan Matahari' demikianlah seterusnja. Bulan bergerak mengelilingi Bumi mulai dari idjtima' hingga idjtima' lagi atau disebut geraknja synodisch lamanja 29 hari 12 djam 44' 2,5" (sebulan komarijah).

Gambar 15a jang dilingkaran sebelah dalam menerangkan bagaimana nampaknja sinar Bulan dari muka Bumi, jang diluar ialah jang sebenarnja bagian Bulan menerima sinar Matahari.

Gambar 16 menerangkan perdjalanan Bulan mengelilingi Bumi jang sebenarnja, sebab Bumi pun bergerak dan berdjalan mengelilingi Matahari.

16

BULAN-BULAN PENGIKUT SAJJAROH.

Pengikut Mirrich.

1. **Phobos.** Djauhnja dari Mirrich 9490 Km. sekali edaran mengelilingi Mirrich selama 7 djam 39' 14", baris tengahnja 12 Km.
2. **Deimos.** Djauhnja 23700 Km. sekali edaran 30 djam 17' 55", barisnja tengah 20 Km.

Pengikut Musjtari.

1. **Lo.** Djauhnja dari Musjtari 418000 Km. sekali edaran mengelilingi Musjtari 1 hari 18 djam, barisnja tengah 3950 Km.
2. **Europa.** Djauhnja 663000 Km. sekali edaran 3 hari 13 djam dan barisnja tengah 3290 Km.
3. **Ganymedes.** Djauhnja 1082000 Km. sekali edaran 7 hari 4 djam, dan barisnja tengah 5730 Km.
4. **Kallisto.** Djauhnja 1903000 Km. sekali edaran 16 hari 17 djam barisnja tengah 5390 Km.

Kemudian pada tahun 1892 didapati lagi sebuah pengikut Musjtari jaitu jang kelima, djauhnja 175000 Km. sekali edaran 12 djam, dan barisnja tengah 160 Km. Pada tahun 1905 didapati jang keenam dan pada bulan Djanuari 1905 didapati jang ketudjuh, kedua-duanja didapati oleh Perrine, sekali edaran mengelilingi Musjtari lamanja 251 dan 265 hari, djauhnja rata-rata 160 dan 167 djari-djari Musjtari (11000 000 dan 12000 000 Km.). Kemudian pengikut jang kedelapan didapati oleh Meltte pada bulan Djanuari tahun 1908, sekali edaran 787 hari. Pada bulan Djuli 1914 didapati jang kesembilan oleh Nicholson, sekali edaran lamanja 1142 hari dan djauhnja 440 djari-djari Musjtari (24000 000 Km.). Kemudian didapati lagi Bulan jang kesepuluh dan kesebelas, kedua-duanja sekali edaran 261 hari dan 693 hari, djauhnja rata-rata 164 dan 320 x djari-djari Musjtari (12000 000 dan 24000 000 Km.).

Pengikut Zuhal.

Nama	djauhnja dg. djr. 2	dari Zuhal dg. Km.	sekali edaran	jang mendapati	pada tahun
1. Mimas	3,1	186000	0 hr. 23 dj.	Herschel	1789
2. Enceladus	3,9	238000	1 „ 9 „	„	1789
3. Tethis	4,9	295000	1 „ 21 „	Cassini	1684
4. Dione	6,2	377000	2 „ 18 „	„	1684
5. Rhea	8,7	527000	4 „ 12 „	„	1672
6. Titan	20,2	1220000	15 „ 23 „	Huygens	1655
7. Themis	24,2	1460000	20 „ 20 „	W.H. Pickering	1905

Nama	djauhnja dg. djr. 2.	dari Zuhal dg. Km.	sekali edaran	jang mendapati	pada tahun
8. Hyperion	24,5	1480000	21 hr 7 dj.	Bond	1848
9. Japetus	58,9	3560000	79 „ 8 „	Cassini	1671
10. Phoebe	214,4	12900000	550 „ 11 „	W.H. Pickering	1898
Pengikut Uranus.					
1. Ariel	7,04	195000	2hr 12dj 29'	Lassell	1851
2. Umbriel	9,91	270000	4 „ 3 „ 28'	„	1851
3. Titanis	16,11	450000	8 „ 16 „ 56'	W. Herschel	1787
4. Oberon	21,54	600000	13 „ 11 „ 7'	„	1787

Pengikut Neptunus.

Pada tanggal 10 Oktober 1846 didapati oleh Lassell sebuah Bulan pengikut Neptunus, djauhnja dari Neptunus 13,33 djari-djari Neptunus atau l.k. 366000 Km. sekali edaran lamanja 5 hari 21 djam.

GERAK PEROBAHAN BUMI.

Selain gerak harian dan gerak tahun selama mengedari Matahari, Bumi masih mempunjai beberapa gerak perobahan diantaranja ialah:

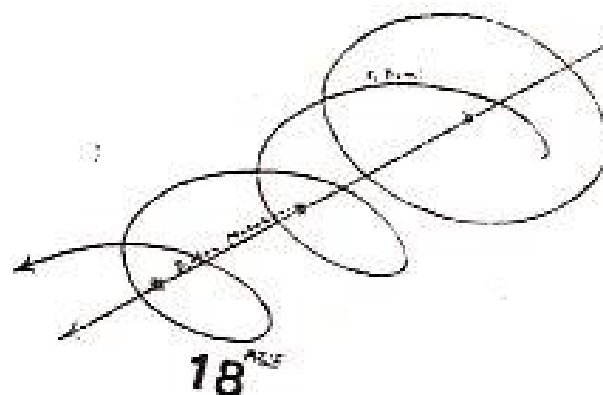
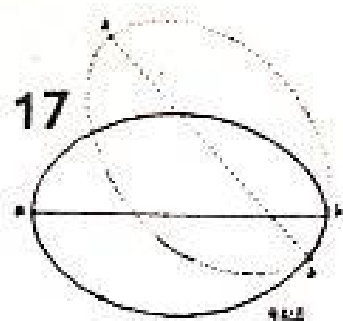
1. **Gerak perobahan titik perhelium** atau djuga titik aphelium. Diterangkan bahwa titik perihelium / aphelium tersebut tidak tetap pada suatu tempat, tetapi bergerak menudju kearah sebaliknja tudjuan Bumi, sekali edaran lamanja 21000 tahun. Atau dengan keterangan lain, garis tengah pandjang atau djuga disebut garis **audj (apsiden)** itu tidak tetap pada satu djurusan, tetapi selalu berobah dan bergerak (lihat gambar 17).

2. **Gerak praecessi (dahrijah).** Diterangkan bahwa ketika Bumi beredaran pada porosnja, poros Bumi tidak tetap pada satu djurusan, tetapi bergojang seperti halnja gasing ketika berputar. Pergojangan ini apabila kita garis, akan merupakan sebuah lingkaran, berarti titik poros itu beredar pada lingkaran tersebut, sekali edaran lamanja 26000 tahun.

3. **Gerak nutatie ('uqdah).** Sebagaimana jang tersebut dalam gerak praecessie, titik poros Bumi beredar pada lingkaran jang ditimbulkan oleh pergojangan poros. Bergeraknja pada lingkaran ini tidak tenang tetapi bergelombang merupakan lingkaran ketjil. Diterangkan bahwa sekali edaran pada lingkaran ketjil ini lamanja 18 2/3 tahun. Peredaran pada lingkaran ketjil ini disebut gerak **nutatie** atau **'uqdah.** Gerak perobahan ini disebabkan karena pengaruh Bulan.

4. **Gerak perobahan excentriciteit.** Sebagaimana jang telah diterangkan, exentriciteit djorong falak Bumi pada sekarang ini 0,0168. Diterangkan bahwa pada 100.000 th. jang lalu, exentriciteit tersebut 0,0473, berarti djorong falak Bumi makin berkurang, makin mendekati sirkel (bundar).

5. **Gerak perobahan ecliptica (da-iroh burudj).** Sebagaimana jang telah diterangkan bahwa poros Bumi terletak pada falak Bumi tidak tegak lurus, akan tetapi miring dari garis tegak 23° 27'. Miringnja poros ini tidak tetap tetapi berobah. Diterangkan bahwa pada 1100 th. sebelum Al-Masih, oleh seorang ahli bintang bangsa Tionghwa pernah diukur, maka ternjata miringnja itu 22° 54'. Kemudian pada tahun 350 s.M. pernah diukur pula oleh Pijtheas di Marseille, terdapat 23° 49'. Kemudian pada tahun 1800 terdapat 23° 27' 55" dan pada tahun 1900 terdapat 23° 27' 9". Dengan demikian berarti bahwa perobahan tersebut kurang dari setengah detik tiap tahunnja.

Selain dari pada jang tersebut diatas. Matahari itu sebenarnja tidak tetap pada satu tempat, tetapi bergerak dan berdjalan menudju kesuatu arah jang hingga sekarang belum dapat diketahui oleh para ahli bintang. Oleh karena ini maka Matahari itu sambil berdjalan selalu diikuti dan dikelilingi bintang-bintang pengikutnja diantaranja bintang-bintang planeet termasuk Bumi kita. Djika dilukiskan peredaran Bumi dan bintang-bintang sajjaroh mengedari Matahari, akan merupakan suatu lingkaran jang bersepiral (lihat gambar 18).

BAHAGIAN KE II.
BOLA LANGIT.

Untuk menentukan ukuran dan hitungan peredaran benda-benda langit, maka langit dilukiskan seperti bola meliputi Bumi dan Bumi sebagai pusatnja, benda - benda langit terletak dimuka tjembungnja. Pada bidang bola dilukiskan beberapa garis lingkaran untuk menentukan ukuran-ukuran benda langit.

Oleh karena itu perlu disini kami terangkan sementara hal-hal jang berhubungan dengan garis-garis tersebut.

Garis : ialah jang menghubungkan dua titik dan dibatasi oleh titik itu. Matjamnja banjak sekali, jang terpendek ialah garis lurus.

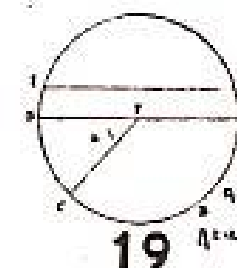
Dua garis diatas bidang datar djika ditarik sepandjang-pandjangnja tidak bertemu, disebut dua garis sedjadjar.

Bidang (sathoh) : ialah jang dibatasi garis, matjamnja banjak, diantaranja : bidang datar, bidang lengkung d.l.l.

Benda (djisim) : ialah jang dibatasi oleh bidang. Benda mempunjai tiga ukuran jaitu : pandjang, lebar dan tinggi (dalam). Bidang mempunjai dua matjam jaitu : pandjang dan lebar. Garis hanja satu matjam jaitu pandjang. Adapun titik tidak mempunjai ukuran. Benda mempunjai enam arah tudjuan, bidang mempunjai empat dan garis hanja dua sadja.

Da-iroh atau lingkaran (sirkel) ialah bidang jang dibatasi garis lingkaran bertemu, djauh titik-titik pada garis lingkaran dari titik pusatnja sama.

Bagian-bagian da-iroh.

1. Titik pusat (P) lihat gambar 19.
2. Busur (qous) = bahagian atau potongan dari garis keliling (lingkaran). A B = garis busur, ditulis ⌒ A B.
3. Djari-djari = garis lurus menghubungkan titik pusat dengan titik pada garis keliling. (PA ; PD ; PC).
4. Tali busur = garis lurus menghubungkan dua titik pada garis keliling (E F).
5. Garis tengah (kutur) = garis tali busur melalui titik pusat. (D A).

Ketentuan-ketentuan.

1. Beberapa garis djari-djari pada sebuah da-iroh, pandjangnja sama.
2. Garis tengah = 2 x garis djari-djari.
3. Beberapa garis tengah pada sebuah da-iroh sama pandjangnja.
4. Garis tengah memaruh da-iroh atas dua bagian sama.
5. Beberaga garis tengah jang pintas-memintas, memaruh satu kepada jang lain.
6. Sudut pada pusat da-iroh besarnja sama dengan busur jang berhadapan. Sudut n pada gambar 19 besarnja sama dengan ⌒ D C.

BOLA (KUROH).

Bola ialah benda jang dibatasi bidang bola bermuka tjembung dan bulat.

Da-iroh pada bola ada dua matjam jaitu: **Da-iroh besar** dan **da-iroh ketjil.**

Da-iroh besar jaitu da-iroh jang memaruh bola atau dua bagian sama. Adapun da-iroh ketjil tidaklah demikian.

Dua da-iroh besar mempunjai dua buah kutub.

Kutub da-iroh ialah titik pada bola, djauhnja dari titik-titik pada da-iroh sama, dan tegak lurus pada pusat da-iroh.

Da-iroh - da-iroh ketjil jang sedjadjar dengan da-iroh besar bersatu kutub dan poros, jang tidak sedjadjar tidaklah demikian.

Poros (sumbu) ialah garis lurus menghubungkan titik kedua kutub dan melalui pusat da-iroh.

Da-iroh besar jang melalui kedua kutub da-iroh besar lainnja, tegak pada da-iroh jang lain itu dan sudutnja siku-siku (90°).

Gambar 20 mendjelaskan keterangan-keterangan tersebut diatas.

GERAK TIAP-TIAP HARI.

Apabila kita melihat bintang-bintang pada waktu malam djernih, kita akan melihat bintang-bintang itu berdjalan ke barat dengan tudjuan sedjadjar, jaitu mulai terbit dari timur dan terbenam disebelah barat. Djika perdjalanan bintang-bintang itu kita garis, akan terlukis beberapa garis lingkaran sedjadjar disebut m a d a r. Madar-madar itu mempunjai dua buah kitab disebut **kutub madar** atau **kutub alam.** Madar jang terbesar ialah jang terletak ditengah-tengah benar antara kedua kutub dan menaruh bola langit atas dua bagian sama disebut **madar a'dhom** atau djuga disebut **chottul istiwak alam.**

Supaja diperhatikan bahwa cht. istiwak Bumi dan cht. istiwak alam itu adalah dua lingkaran jang sepusat.

DA-IROH MU'ADDALIN-NAHAR
(lingkaran persamaan siang).

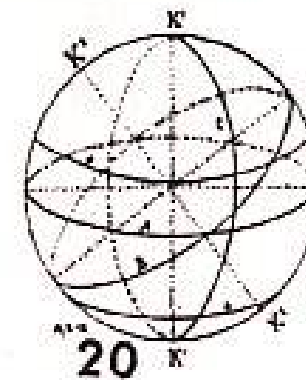
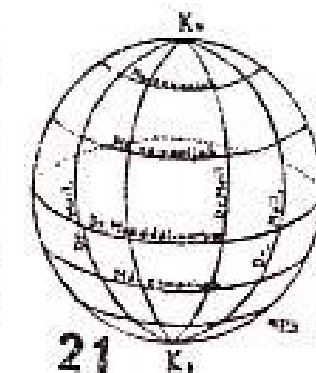
Madar a'dhom tersebut diatas, itulah da-iroh mu'addalin nahar, jaitu da-iroh (lingkaran) besar menaruh bola langit atas dua bagian sama, sebagian disebelah utara dan jang lain disebelah selatan dan kutubnja ialah kutub alam. Ketika Matahari tiba di da-iroh ini, maka pada waktu itu lama siang dan malam sama diseluruh tempat, jaitu lama siang 12 djam demikian djuga lama malamnja.

MADA-ROT ZAMANIJAH (Paralel waktu).

Jaitu beberapa da-iroh atau lingkaran-lingkaran ketjil sedjadjar dengan da-iroh mu'addalin-nahar. Da-iroh-dairoh ini makin mendekati kutub alam makin ketjil.

DAWA-IRUL MUJUL (lingkaran declinasi).

Jaitu da-iroh-da-iroh besar bertemu dan melalui kedua kutub alam. Da-iroh-da-iroh ini untuk menentukan deradjah meil (declinasi) jaitu miringnja benda langit atau djauhnja dari da-iroh mu'addalin-nahar dihitung dengan deradjah sepandjang da-iroh meil jang ditempati benda langit itu.

Gambar 21 mendjelaskan letaknja da-iroh mu'addalin-nahar, madarot zamanijah dan dawa-irul mujul (da-iroh-da-iroh meil).

Gambar 20 :
Ka = kutub da-iroh besar A.
Kb = kutub da-iroh besar B.
a = da-iroh ketjil sedjadjar dengan dr. besar A.
Da-iroh besar C tegak pada dr. A.

DA-IROH UFUK (lingkaran tjakrawala).

Jaitu da-iroh besar membagi bola langit mendjadi dua bagian sama, sebagian disebelah atas dan jang lain dibawah. Da-iroh ini mendjadi batas pemandangan, jaitu tiap benda langit tiba dibawah ufuk seseorang maka tidak kelihatan.

Orang jang berlainan tempat, berlainan pula ufuknja.

Orang jang bertempat tinggal di cht. istiwak, lingkaran ufuknja melalui (menjinggung) titik kedua kutub.

Orang jang bertempat tinggal diutara cht. istiwak, kutub utara adalah diatas ufuknja dan kutub selatan dibawahnja. Bagi jang bertempat tinggal diselatan cht. istiwak adalah sebaliknja.

Jang mendjadi kutub ufuk seseorang ialah **samtur-roksi** dan **samtul-kodamnja.**

SAMTUR-ROKSI : (zenit) ialah titik pada bola langit tegak lurus diatas kepala. Dalam bhs. asing disebut **zenit** (inipun diambil dari bahasa Arab simit = arah lurus).

SAMTUL-KODAM : (nadir) ialah titik pada bola langit jang lurus tegak dibawah kaki. Dalam bahasa asing disebut **nadir** (diambil dari bahasa Arab nadhir = sebanding).

DAWA - IRUL IRTIFA'
(Lingkaran - lingkaran vertikal).

Jaitu da-iroh - da-iroh besar bertemu (melalui) kedua kutub ufuk (samtur-roksi dan samtul-kodam). Da-iroh - da-iroh ini untuk menentukan tinggi benda langit dari ufuk, dihitung dengan deradjah sepandjang da-iroh irtifa' jang ditempati benda langit itu.

MUKONTHORO - TUL IRTIFA' DAN INHITHOT
(Parallel atau djadjaran ufuk tinggi dan parallel ufuk rendah).

Da-iroh - da-iroh ketjil sedjadjar dengan da-iroh ufuk, jang diatas ufuk disebut **Mukonthoro-tul irtifa'** dan jang dibawahnja disebut **Mukonthoro - tul inhithot.**

DA - IROH NISFIN - NAHAR
(Lingkaran tengah hari).

Jaitu da - iroh besar memisah antara barat dan timur melalui kedua kutub ufuk dan kutub alam. Titik pertemuan da-iroh ini dengan da-iroh ufuk **adalah titik utara dan titik** selatan.

Ketika Matahari tiba di da-iroh ini berarti telah tiba pada **perpuntjaannja (ber-culminasi)** dan pada waktu itu menundjukkan djam 12 tengah hari.

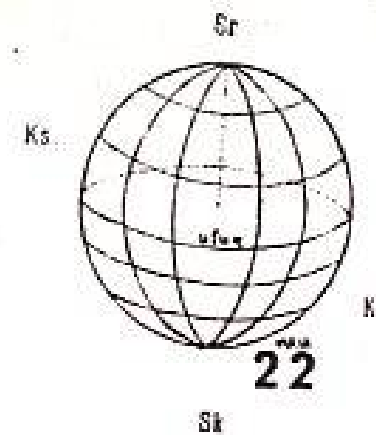
Da-iroh awwalis-sumut (simit pertama).

Da-iroh besar memisah antara utara dan selatan, melalui kedua kutub ufuk dan kedua kutub da-iroh nisfin - nahar (titik barat dan titik timur) disebut **da-iroh awwalis-sumut.**

Kutub da-iroh ini ialah titik utara dan titik selatan.

Tentang da-iroh ufuk, dawa-irul irtifa' dan da-iroh nisfin nahar lebih djelas dapat dilihat pada gambar 22.

Simit irtifa' (Simit tinggi).

Jaitu busur da-iroh ufuk (tjakrawala) dari lingkaran awwalis-sumut sampai lingkaran vetikal (dr. irtifa') jang melalui benda langit.

Sr = samtur-roksi
Sk = .. kodam
Ku = kutub utara
Ks = .. selatan
II = da-iroh irtifa'

Gamb. 22 Ufuk orang jang bertempat tinggal diselatan cht. istiwak. Kutub utara dibawah ufuknja, kutub selatan di atasnja.

DA - IROH BURUDJ (Ecliptica).

Jaitu da-iroh besar memintas da-iroh mu'addalin-nahar, miringnja dari dr. mu'addalin nahar 23° 27'. Da-iroh ini ialah djalan jang dilalui Matahari mengisarnja dari cht. istiwak alam keutara atau keselatan, sekali edaran dari da-iroh ini ialah dalam satu tahun. Hal ini adalah melukiskan tampaknja Matahari dari Bumi, tiap hari selalu mengisar dari cht. istiwak keutara atau keselatan. Sedjauh-djauh Matahari keutara atau keselatan dari cht. istiwak ialah 23° 27' (lihat keterangan hal Bumi).

Da-iroh ini dibagi mendjadi 12 bagian, masing-masing dinamakan **burudj.** Tiap burudj berderadjah 30° dihitung mulai 0° hingga 29°. Adapun nama-namanja ialah seperti berikut :

1. Hamal (Aries = Ram = Padrawana = Domba)
2. Tsaur (Taurus = Stier = Srawana = Sampi)
3. Djauzak (Gemini = tweelingen = Asudji = Anak kembar)
4. Sarothon (Cancer = kreeft = Kardtika = Kepiting)
5. Asad (Leo = leeuw = Pusa = Singa)
6. Sumbulah (Vergo = Maagd = Manggasri = Gadis)
7. Mizan (Libra = weegschaal = Sitra = Timbangan)
8. 'Aqrob (Scorpio = Schorpion = Manggakala = Kala)
9. Qous (Sagittarius = Schutter = Naja = Pemanah)
10. Djadyu (Capricornus = Steenbok = Palguna = Kambing)
11. Dalwu (Aquarius = waterman = Isaka = Penuang air)
12. Hut (Pisces = Vissen = Djita = Ikan).

Titik pertemuan da-iroh burudj dengan da-iroh mu'addalin - nahar, disebut titik **Hamal** dan titik **Mizan.** Titik Hamal tepat pada burudj Hamal 0°, demikian pula titik Mizan pada burudj Mizan 0°.

Titik Hamal itu untuk menentukan permulaan beredar dan mengisarnja Matahari keutara. Sedjauh - djauh Matahari keutara ialah pada ketika tiba dititik Sarothon (burudj Sarothon 0°) dan sedjauh - djauhnja keselatan ialah pada ketika tiba dititik Djadyu (burudj Djadyu 0°).

Matahari ketika tiba dititik Sarothon, berarti telah berdjalan melalui dr. burudj 90° dan pada waktu itu meil atau declinasi Matahari ialah 23°27', ketika tiba dititik Mizan berarti telah berdjalan 180° dan meilnja pada waktu itu ialah 0° (tepat di cht. istiwak). Selandjutnja ketika tiba dititik Djadyu, Matahari telah berdjalan sepandjang dr. burudj 270° dan meilnja pada waktu itu 23° 27' (sedjauh - djauh Matahari keselatan), lihat gambar 23.

MADAROT 'URDLIJAH DAN DAWA-IRUL 'URUDL
(Parallel ecliptica dan lingkaran lebar).

Madarot 'urdlijah ialah beberapa da-iroh ketjil sedjadjar dengan da-iroh burudj diutara atau diselatannja. Da-iroh-da-iroh ini untuk menentukan djauh dan dekatnja benda langit ('urudl atau lebarnja) dari dr. burudj diutara atau diselatannja.

Adapun dawa-irul 'urudl ialah beberapa da-iroh besar **bertemu dan melalui kedua kutub dr. burudj.** Da-iroh - da-iroh ini untuk menentukan deradjah djauh benda langit dari dr. burudj diutara atau diselatannja dan untuk menentukan deradjah **meil tsani (declinasi kedua)** jaitu djauh benda langit dari cht. istiwak. kedua-duanja dihitung dengan deradjah sepandjang da-iroh 'urudl jang ditempati benda langit. Lihat gambar 23.

MEIL AWWAL (DECLINATIE) DAN MEIL TSANI)
(Declinatie kedua).

Meil awwal atau djuga disebut meil sadja ialah djauh Matahari (benda langit) dari cht. istiwak dihitung dengan deradjah sepandjang **da-iroh meil** (lingkaran declinasi) jang ditempati pada waktu itu.

Meil tsani ialah djauhnja Matahari (benda langit) dari cht. istiwak, akan tetapi dihitung dengan deradjah sepandjang da-iroh **'urudl** (dawa-irul 'urudl) jang ditempati pada waktu itu.

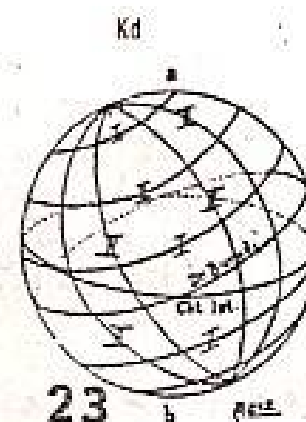
FALAK MA - IL (Djalan Bulan).

Falak Ma-il ialah da-iroh besar memintas da-iroh burudj, miringnja dari dr. burudj 5° 8' 48".

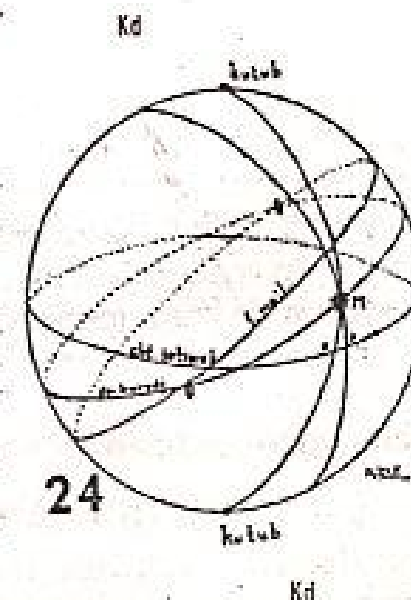
Falak ma-il ini ialah djalan jang dilalui Bulan beredar tiap hari mengisarnja keutara atau keselatan. Sekali edaran pada falak ma-il ini dalam 27 hari 7 djam 43' 11,55". Hal ini sebagai melukiskan tampaknja Bulan dari Bumi pada tiap hari selalu mengisar dari cht. istiwak keutara atau keselatan.

Titik pertemuan falak ma-il dengan dr. burudj disebut 'Uqdah. 'Uqdah tempat Bulan mengisar keutara disebut **d j a u z a h a r** dan 'uqdah jang lain disebut **n a u b a h a r.** Lihat gambar 24.

'URUDL BALAD (Lebar atau lintang tempat).

'Urudl balad pada bola langit, ialah busur da-iroh nisfinnahar diantara samtur-roksi (zenit) dan dr. mu'addalin nahar (cht. istiwak). 'Urudl balad pada bola Bumi ialah djauh tempat dari cht. istiwak sebagaimana jang telah diterangkan dalam bg. ke I tentang pandjang dan lebar tempat.

Gamb. 23 :
I = Madarot 'urdlijah.
II = Dawa - irul 'urudl (dr.-'urudl).
Kd = kutub dr. burudj.

Gamb. 24 :
Ma = meil awwal
Mb = meil tsa - ni
D = 'uqdah djauzahar.
N = 'uqdah naubahar.
Kd = kutub dr. burudj.

Kd
kutub
24
kutub
Kd

IRTIFA' DAN GHO-JAH IRTIFA'
(Tinggi dan culminasi).

Irtifa' ialah tinggi benda langit dari ufuk seseorang dihitung dgn. deradjah sepandjang dr. irtifa' (dawa-irul irtifa') jang ditempati benda itu.

Gho-jah irtifa' jaitu busur dr. nisfin-nahar diantara titik tempat benda langit dan ufuk jang terdekat, atau setinggi-tinggi benda langit dari ufuk jang terdekat dihitung dengan deradjah sepandjang da-iroh nisfin nahar.

BU'DUL KUTUR DAN NISFUL FUDLAH.

Bu'dul kutur ialah djauh kutur (garis tengah) madarnja benda langit dari ufuk dihitung dengan deradjah sepandjang dr. irtifa' jang dilintasi benda itu.

Adapun nisful fudlah jaitu busur madar jang ditempati benda langit, diantara ufuk dan garis tengah madarnja dihitung dengan deradjah sepandjang garis madar tersebut.

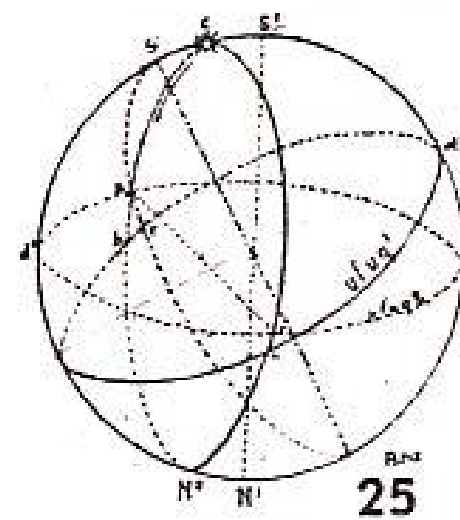
NISFU QOUS NAHAR
(Setengah busur siang).

Jaitu Busur madar Matahari, diantara ufuk dan dr. nisfin-nahar, atau dengan keterangan lain, ialah lama waktu Matahari berdjalan diatas madarnja mulai terbit hingga tiba dititik puntjak irtifa'nja (ghojah atau culminasi) atau mulai tiba dititik puntjaknja sampai terbenamnja.

Nisfu qousin nahar bagi orang jang bertempat di cht. istiwak, selamanja 90°. Pada waktu Matahari tepat di cht. istiwak, nisfu qous nahar bagi diseluruh tempat 90°. Bagi orang jang berlebar tempat disebelah selatan, ketika Matahari diselatan cht. istiwak, lama siangnja lebih pandjang dari pada malamnja (lihat keterangan hal siang dan malam), berarti nisfu qous naharnja lebih dari 90°. Ketika Matahari diutara cht. istiwak, bagi mereka, malamnja lebih pandjang dari pada waktu siangnja, berarti nisfu qous naharnja pada waktu itu, kurang dari 90°. Kelebihan atau kekurangannja dari 90° ialah nisful-fudlahnja.

'URUDL DAN THUL (TAKWIM).

'Urudl benda langit jaitu djauhnja atau miringnja dari dr. burudj diutara atau diselatannja dihitung dengan deradjah sepandjang daïroh 'urudl jang ditempati.

Thul atau takwim ialah djauh benda langit dari titik Hamal dihitung dengan deradjah sepandjang dr. burudj. Tentang thul ini akan kami terangkan lebih landjut dalam hal takwim Matahari dan Bulan.

dr. ufuk 1 = bagi orang dilebar tempat selatan. (A).
dr. ufuk 2 = bagi di cht. istiwak. (B).
S 1 = samtur-roksi bagi A.
S 2 = „ „ „ B.
N 1 = samtul-kodam „ A.
N 2 = „ „ „ B.
g d 1 = gho-jah irtifa' bagi A.
g d 2 = „ „ „ B.
a b = nisful fudlah.
a c = bu'dul kutur.

DA-IR DAN FADLUD-DAIR.

Da-ir ialah busur madar Matahari jang ditempati pada waktu itu, mulai dari titik tempat Matahari sampai ufuk. Adapun fadlud-dair jaitu busur madar Matahari mulai dari titik tempat Matahari sampai dr. nisfin-nahar.

MATHOLI' BALADIJAH (HAMAL)
(Naik lurus).

Jaitu busur dr. mu'addalin-nahar diantara dua da-iroh besar jang melalui dua kutub alam, jang satu melalui titik Hamal dan lain melalui titik tempat Matahari.

MATHOLI' FALAKIJAH.

Jaitu busur dr. mu'addalin-nahar, diantara dua da-iroh besar jang melalui dua kutub alam, jang satu melalui titik Djadyu dan jang lain melalui titik tempat Matahari.

FALAK MA-IL BINTANG-BINTANG SAJJAROH.

Falak bintang-bintang sajjaroh terlukisnja pada bola langit merupakan daïroh-daïroh besar disebut falak mail djuga, tetapi miringnja dari dr. burudj berlainan.

Falak ma-il bagi bintang 'Utharid, miringnja dari dr. burudj 7°, bagi bintang Zuharoh 3° 24', Mirrich 1° 51', Musjtari 1° 18', Zuhal 2° 30', Uranus 0° 46' dan Neptunus 1° 47'. Falak ma-il bagi Bulan 5° 8' 48".

PEREDARAN MATAHARI DAN BULAN PADA BOLA LANGIT.

Sebagaimana jang telah diterangkan, Matahari berdjalan dan beredar pada madarnja (peredaran harian) dari timur kebarat selama 24 djam, dan djuga beredar pada da-iroh burudj mulai dari titik **Hamal** keutara sehingga sampai ketitik Sarothon (sedjauh - djauhnja keutara) melalui burudj **Tsaur** dan **Djauza'**. Kemudian mulai dari titik Sarothon kembali keselatan hingga dititik **Mizan** melalui burudj **Asad** dan **Sumbulah**. Pada waktu tiba dititik Mizan, Matahari tepat diatas cht. istiwak. Kemudian meneruskan lagi perdjalanannja keselatan hingga tiba dititik **Djadyu** (sedjauh - djauhnja keselatan) melalui burudj **'Aqrob** dan **Qous**. Kemudian dari titik **Djadyu** terus kembali keutara hingga kembali lagi dititik Hamal melalui burudj **Dalwu** dan **Hut**. Matahari ketika tiba dititik Hamal, tepat diatas cht. istiwak. Untuk memudahkan keterangan, dan pula sesuai dengan tampaknja peredaran Matahari pada dr. burudj, maka untuk selandjutnja, peredaran Matahari pada dr. burudj kami sebut menudju kearah timur (kekanan).

Telah diterangkan bahwa Matahari beredar pada dr. burudj **sekali edaran lamanja setahun (365 hari 5 djam 48' 46")**, dalam selama ini telah ditempuhnja djarak rata-rata 360°. oleh karena itu, pada tiap hari (24 djam) Matahari telah mengisar ketimur rata-rata 59' 8". Gerakan pada tiap hari ini disebut **Buhut Matahari.**

Oleh karena pada tiap hari selalu mengisar ketimur sekedar buhutnja, maka Matahari tidak tetap bersatu tempat dengan salah suatu bintang tetap, tetapi selalu berpindah ketimurnja. Hal ini menjebabkan bintang-bintang tetap jang nampak pada waktu malam selalu berobah sekedar buhut Matahari, dan pula menjebabkan peredaran harian Matahari pada madarnja menudju kebarat, selalu diperlambatkan oleh mengisarnja ketimur. Umpamanja pada suatu waktu Matahari bersatu arah dengan suatu bintang tetap, kemudian kedua-duanja berdjalan pada madarnja masing-masing, maka sesudah 24 djam, bintang tetap tersebut telah sempurna melalui madarnja, tetapi Matahari belumlah demikian, karena telah mengisar ketimurnja sekedar buhutnja, jaitu 59' 8".

Supaja diketahui bahwa titik Hamal demikian pula titik Mizan itu tidak tetap, tetapi berobah dan mengisar kearah barat sepandjang dr. burudj. Sehingga kembali ketempat asalnja lagi (sekali edaran) pada dr. burudj itu lamanja 26000 tahun (25765 th.). berarti tiap tahun titik Hamal / Mizan mengisar 50' 12". Gerak perobahan ini disebut gerak praecessie (lihat keterangan gerak perobahan Bumi). Gerak mengisar kebarat itu disebut gerak membalik (retrogradatie = مخالف), gerak mengisar ketimur sebagaimana gerak peredaran Matahari pada dr. burudj disebut gerak madju (progradatie = توالى).

Gerak praecessie tersebut diatas menjebabkan bintang-bintang tetap bergerak mengisar ketimur, djadi bintang jang tadinja dititik Hamal, kemudian akan berpindah ketimurnja.

Buhut Matahari itu tidak tetap, kadang-kadang berdjalan tjepat dan kadang-kadang lambat, hal ini disebabkan falak Bumi djorong, sebagaimana jang telah diterangkan bahwa Bumi ketika diperhelium, djalannja tjepat dan ketika di aphelium lambat, demikian pula buhut Matahari, karena peredaran Matahari pada dr. burudj itu hanja melukiskan peredaran Bumi mengelilingi Matahari diatas falaknja.

PEREDARAN BULAN.

Sebagaimana jang telah diterangkan, Bulan beredar pada falak ma-il, dalam 27 hari 7 djam 43' 11,55", tiap hari rata-rata mengisar 13° 10' 35", inilah buhut Bulan. Karena gerakan ini, Bulan tidak selalu bersatu tempat dengan bintang tetap demikian djuga dengan Matahari. Umpamanja pada suatu waktu, bintang tetap, Matahari dan Bulan bersatu tempat, maka sesudah 24 djam, Matahari telah tiba ditimurnja bintang tetap, dan Bulan sudah makin ketimurnja lagi sebab masing-masing sudah berdjalan dan mengisar sekedar buhutnja, jaitu bagi Matahari 59' 8" pada dr. burudj, dan Bulan mengisar 13° 10' 35" sepandjang falak ma-il.

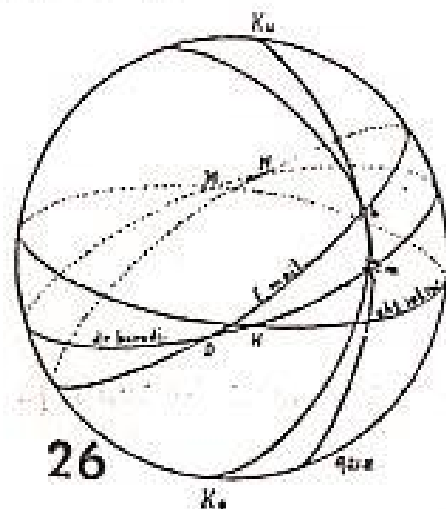
Bulan itu kadang-kadang tiba disebelah utara atau selatan dr. burudj, dan kadang-kadang tepat di dr. burudj, jaitu ketika tiba dititik 'uqdah (lijn der knopen) djauzahar atau naubahar. Oleh karena ini, maka kadang-kadang Bulan itu disebelah utara atau selatan Matahari, atau bertemu

sebaris tepat dengan Matahari, jaitu ketika di 'uqdah tersebut diatas. Demikian djuga madar Bulan dalam peredarannja harian dari timur kebarat, selalu berpindah-pindah, dan djuga peredarannja harian pada madarnja selalu terlambat dibandingkan dengan peredaran bintang - bintang dan Matahari.

Buhut Bulan itu djuga tidak tetap, kadang - kadang tjepat dan kadang - kadang lambat seperti buhut Matahari, karena falak Bulan mengelilingi Bumi berupa ellips dengan excentriciteit 0,0549, dan Bulan ketika di perigeüm berdjalan tjepat dan ketika di apegeüm lambat.

Supaja diketahui, bahwa 'uqdah djauzahar dan naubahar tidak tetap, tetapi bergerak mengisar kebarat sepandjang dr. burudj, tiap 24 djam mengisar 3' 11", sekali edaran dr. burudj dalam 6793 hari atau 18 2/3 tahun. Gerak mengisarnja 'uqdah ini disebut gerak nutatie (lihat keterangan gerak perobahan Bumi).

Gambar 26 melukiskan gerak peredaran Matahari pada dr. burudj dan Bulan pada falak ma-il, demikian pula gerak mengisarnja titik Hamal dan 'uqdah kedjurusan barat.

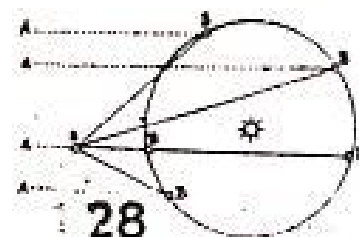
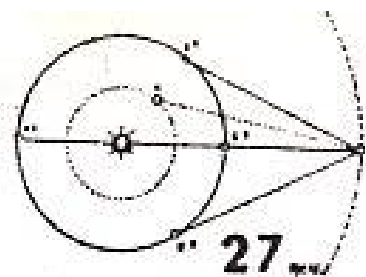
Pada gambar tersebut, Bulan dan Matahari baru bertemu (idjtima') karena bersatu garis dr. 'urudl (lihat fatsal idjtima').

Ku = kutub utara.
Ks = kutub selatan.
H = titik Hamal.
M = titik Mizan.
D = 'uqdah djauzahar.
N = 'uqdah naubahar.
b = Bulan.
m = Matahari.

PEREDARAN BINTANG - BINTANG SAJJAROH.

Bagi bintang sajjaroh sebelah dalam jaitu bintang 'Utharid dan Zuharoh, disebabkan falaknja didalam falak Bumi, peredaran kedua bintang itu nampaknja dari Bumi selalu

mengikuti Matahari, kadang - kadang bertepatan, kemudian mengisar ketimur hingga mendjadi disebelah timurnja, lalu kembali kearah barat mendekati Matahari dan melintasinja dan seterusnja sehingga tiba disebelah baratnja, kemudian kembali lagi mengisar ketimur sehingga bertepatan kembali dengan Matahari. Oleh karena ini, kedua bintang tersebut tampaknja hanja pada sebelum Matahari terbit disebelah timur (mendjadi bintang timur) dan pada sesudah terbenam Matahari disebelah barat (mendjadi bintang barat), lihat keterangan bg. ke I.

Gambar 27 melukiskan tampaknja bintang Zuharoh. Sedjauh-djauhnja dari Matahari disebelah timur atau disebelah baratnja ialah ketika bintang itu tiba di Z 2 dan di Z 4 dan pada ketika itu djauhnja dari Matahari 46°. bagi bintang 'utharid hanja 23°, karena ini, maka tampaknja bintang Zuharoh lebih lama dari pada bintang 'Utharid (lihat bagian ke I). Pada gambar tersebut, ketika bintang Zuharoh tiba di Z 2 mendjadi bintang barat, dan ketika di Z 4 mendjadi bintang timur, ketika di Z 1 dan di Z 3 bertepatan dengan Matahari. Lama beredarnja mulai dari Z 2 sampai kembali lagi di Z 2, atau mulai dari Z 4 sampai kembali lagi di Z 4 atau djuga disebut geraknja synodisch ialah 584 hari, bagi bintang 'Utharid geraknja synodisch 116 hari.

Bagi bintang - bintang disebelah luar, karena falaknja diluar falak Bumi, maka tampaknja berlainan dengan bintang-bintang sajjaroh disebelah dalam. Djika dipandang dari Matahari, bintang-bintang sajjaroh tersebut tampaknja dari Bumi selalu mundur dan makin kebarat dari Matahari, tetapi djika dipandang dari arah bintang tetap, maka tampaknja selalu madju dan berdjalan makin ketimurnja, tetapi kadang-kadang kembali kebarat lalu kembali lagi menudju ketimur (lihat gambar 28). Pada gambar 28 tersebut A adalah arah tudjuan kepada bintang tetap, meskipun Bumi berpindah - pindah tempatnja tetapi arah tudjuannja kepada bintang tetap tersebut, adalah tetap tidak berobah karena sangat djauhnja. Bumi ketika di B 1 dan di B 5, bintang sajjaroh S bertemu dengan bintang tetap A, dan ketika di B 2, B 3 dan B 4, bintang S adalah disebelah barat A.

THUL ATAU TAKWIM MATAHARI DAN BULAN.

Telah diterangkan bahwa thul benda langit, ialah djauhnja dari titik Hamal dihitung dengan deradjah sepandjang dr. burudj. Dalam hal ini bagi Matahari sudah djelas, karena Matahari beredar diatas dr. burudj. Akan tetapi bagi Bulan tidaklah demikian, karena Bulan beredar diatas falak ma-il tidak pada dr. burudj. Untuk mengetahui thul Bulan, dihitung djuga dengan deradjah sepandjang dr. burudj, jaitu dihitung mulai dari titik Hamal sampai ketitik pertemuan dr. burudj dengan da-iroh 'urudl jang ditempati Bulan pada waktu itu. Da-iroh 'urudl tegak pada dr. burudj (lihat gambar 26).

Untuk menentukan takwim Matahari, lebih dahulu harus kita ketahui, Matahari pada waktu itu tiba diburudj apakah dan berderadjah berapa (tiap-tiap burudj berderadjah 30 dengan permulaan 0°). Untuk ini dapat kita tentukan bahwa **pada tiap-tiap tanggal 21 Maret** Matahari tiba diburudj Hamal 0°, dan pada tg. 21 Djuni tiba diburudj Sarothon 0°, kemudian pada tg. 22 September tiba diburudj Mizan 0°, dan pada tg. 21 Desember tiba diburudj Djadyu 0°. Selandjutnja boleh dikira-kirakan dengan hitungan rata-rata seperti tersebut dibawah ini :

21 Maret	Hamal	0°	22 September	Mizan	0°
21 April	Tsaur	0°	24 Oktober	'Aqrob	0°
21 Mei	Djauza'	0°	23 Nopember	Qous	0°
21 Djuni	Sarothon	0°	21 Desember	Djadyu	0°
23 Djuli	Asad	0°	19 Djanuari	Dalwu	0°
24 Agustus	Sumbulah	0°	21 Pebruari	Hut	0°

Dengan daftar tersebut diatas maka pada tg. 26 Maret Matahari tiba diburudj Hamal 5°, pada tg. 24 Djanuari tiba diburudj Dalwu 5°, demikianlah seterusnja.

Burudj-burudj tersebut diatas dapat disebut dengan tingkatannja, jaitu ; Hamal burudj 0, Tsaur burudj 1, Djauza' burudj 2, Sarathon burudj 3 dan seterusnja burudj 11 jaitu burudj Hut. Kemudian Hamal 5° ditulis 0L 5°, Tsaur 10° ditulis 1L 10°, 'Aqrob 20° ditulis 7L 20° dan Hut 25° ditulis 11L 25°. Supaja diperhatikan, Hamal 30° sama dengan Tsaur 0°, Tsaur 30° sama dengan Djauza' 0° demikian selandjutnja.

Kemudian setelah diketahui burudj dan deradjahnja, untuk mengetahui berapakah thul Matahari atau sudah berdjalan berapa deradjahkan mulai dari titik Hamal, maka burudj-burudj jang telah diketahui itu dirobah didjadikan deradjah, kemudian ditambah deradjahnja (tiap-tiap burudj berderadjah 30). Djadi takwim 0L 15° (Hamal 15°) thulnja ialah 0° + 15° jaitu 15°, takwim 1L 20° (Tsaur 20°) thulnja $30° \times 1 + 20° = 50°$, takwim 5L 15° (sumbulah 15°) thulnja $30° \times 5 + 15° = 165°$, demikian pula takwim 11L 25° thulnja $30° \times 11 + 25° = 355°$.

Adapun untuk mengetahui takwim Bulan, dapat dihitung dengan rata-rata dengan pertolongan takwim Matahari, jaitu pada tiap-tiap achir bulan 'Arab. Bulan bertemu dengan Matahari dan bersamaan takwimnja, umpamanja achir bulan Radjab 1368 djatuh pada tanggal 28 Mei 1949. Menurut daftar tersebut diatas, tanggal 21 Mei Matahari tiba diburudj **Djauza' 0° (2L 0°), maka** pada tanggal 28 Mei Matahari akan tiba diburudj Djauza' 7° (2L 7°) djadi takwim Bulan achir Radjab tersebut djuga 2L 7°. Tjontoh lagi, pada achir Sja'ban djatuh pada tanggal 26 Djuni. Tersebut dalam daftar, pada tanggal 21 Djuni takwim Matahari adalah 3L 0° (Sarothon 0°), kemudian tanggal 26 Mei takwim Matahari akan mendjadi 3L 5°, djadi takwim Bulan pada waktu itu 3L 5°.

Untuk mengetahui takwim Bulan jang tidak pada achir bulan 'Arab haruslah ditambah sekedar buhutnja, jaitu tiap hari (24 djam) buhut Bulan 13° 10' 35". Djadi djika takwim Bulan pada achir bulan Sja'ban 26 Djuni 2L 5°, maka takwimnja pada 1 Ramadlan ialah 3L 5° ditambah 13° 10' 35" jaitu 3L 18° 10' 35", dan takwim Bulan pada 3 Ramadlan ialah 3L 5° ditambah 13° 10' 35" x 3 = 3L 5° + 39° 30' 105" = 3L 44° 30' 105" atau 4L 14° 31' 45". (tiap-tiap 30° = 1 burudj ; 60' = 1° ; 60" = 1').

Huruf L mestinja $\mathcal{L}$.

IDJTIMA' DAN ISTIQBAL
(Conjunctie dan oppositie).

Sebagaimana jang telah diterangkan bahwa pada tiap achir bulan 'Arab, Bulan bertemu dengan Matahari dan pada waktu itu takwim Bulan bersamaan dengan takwim Matahari, dan untuk mengetahui takwim Bulan dihitung djuga dengan deradjah sepandjang dr. burudj, jaitu mulai dari titik Hamal sampai titik pertemuan dr. burudj dengan dr. 'urudl jang ditempatinja. Oleh karena itu, maka idjtima' atau conjunctie, ialah pada ketika takwim Bulan bersamaan dengan takwim Matahari, pada waktu itu Bulan sebaris dengan Matahari jaitu bersatu baris da-iroh 'urudl, artinja dr. 'urudl jang melalui Matahari pada waktu itu tepat djuga melalui titik tempat Bulan (lihat gambar 26). **Da-iroh 'urudl tegak pada dr. burudj.**

Djika antara takwim Matahari dengan takwim Bulan djauhnja 180°, pada waktu itu disebut istiqbal atau oppositie (bulan purnama). Mulai idjtima' sampai idjtima' lagi atau dari istiqbal sampai istiqbal lagi lamanja 29 hari 12 djam 44' 2,5" (1 bulan Qomarijah) atau disebut geraknja synodisch.

PERHATIAN.

Ketika terdjadi idjtima', Bulan dan Matahari tempatnja tidak tentu bersatu arah, **akan tetapi kadang - kadang Bulan** terletak ditimur Matahari dan kadang-kadang disebelah baratnja, karena idjtima' dikatakan bersatu takwim, dihitung dengan deradjah sepandjang dr. burudj dengan ditentukan oleh dr. 'urudl jang ditempati Matahari dan Bulan, sedang arah tempat, ditimur atau dibaratnja, dihitung dengan deradjah sepandjang da-iroh Mu'addalin - nahar (cht. istiwak) dengan ditentukan oleh garis dr. meil (dawa - irul mujul) jang ditempatinja. Pada gambar 26 terlihat dengan djelas bahwa Bulan dan Matahari bersamaan takwim atau bersatu garis dr. 'urudl, tetapi djika kita garis dengan dr. meil, tidak akan sebaris (berlainan garisnja meil), kemudian djika kita teruskan garis meil jang melalui Bulan dan Matahari hingga dr. mu'addilin-nahar, akan berlainan tempatnja.

GERHANA BULAN DAN MATAHARI.

Gerhana Bulan ialah pada ketika Bulan bergerak mengelilingi Bumi, masuk kedalam inti bajangan Bumi, sehingga pada waktu itu Bulan tidak menerima sinar Matahari. Oleh

karena itu, gerhana Bulan terdjadi pada ketika Bulan istiqbal (oppositie). Adapun gerhana Matahari, terdjadi karena pada ketika itu, Bulan menghalang - halangi nampaknja Matahari dari Bumi, hal ini terdjadi pada ketika idjtima' (conjunctie). Oleh karena itu tepat djika gerhana Bulan disebut Bulan gelap, sebab sebenarnja pada waktu itu Bulan tidak bersinar. Karena itu pula gerhana Bulan dapat terlihat diseluruh tempat jang pada waktu itu Bulan berada diatas ufuknja, tetapi berbeda dengan gerhana Matahari, sebab gerhana Matahari, berarti Matahari pada ketika itu tertutup oleh Bulan dan Matahari masih tetap bersinar. Oleh karena ini, gerhana Matahari tidak dapat terlihat diseluruh tempat sebagaimana halnja gerhana Bulan, akan tetapi hanja dapat terlihat ditempat jang dilalui bajangan Bulan.

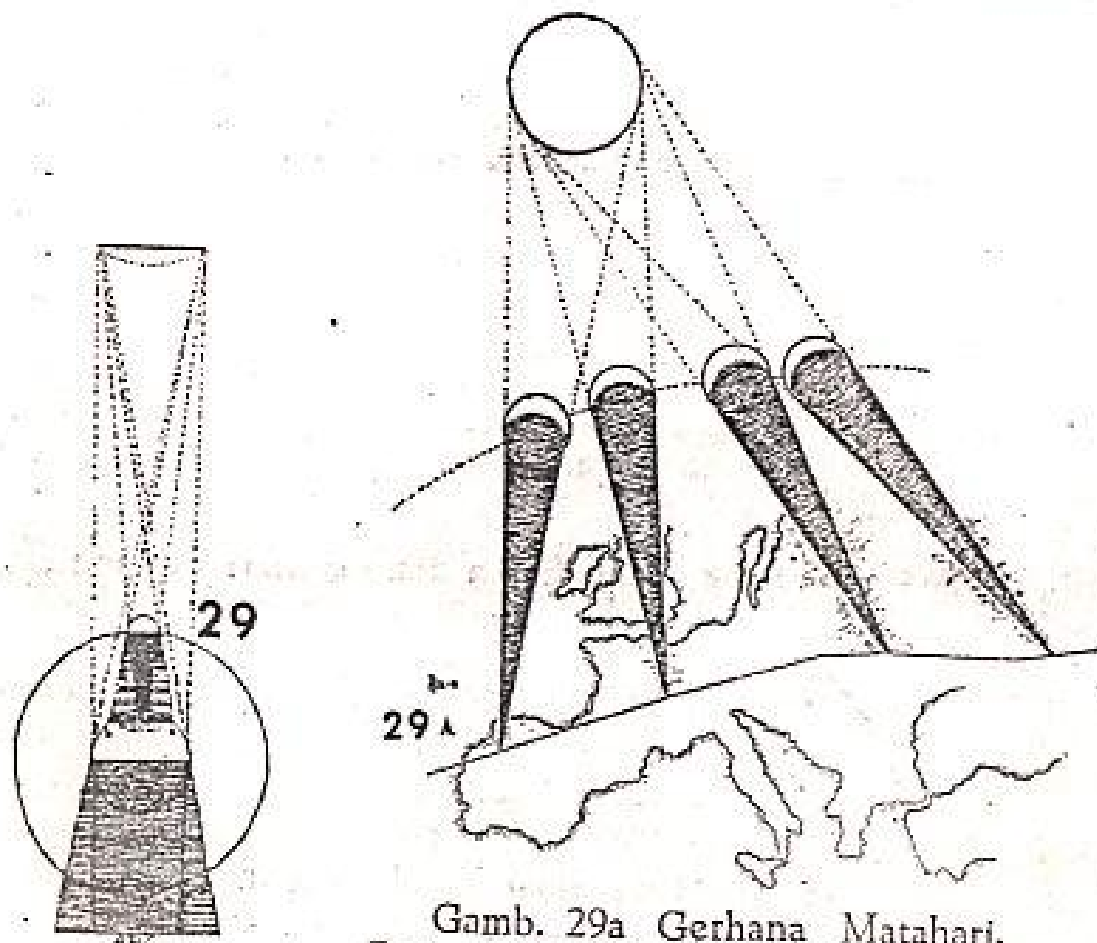
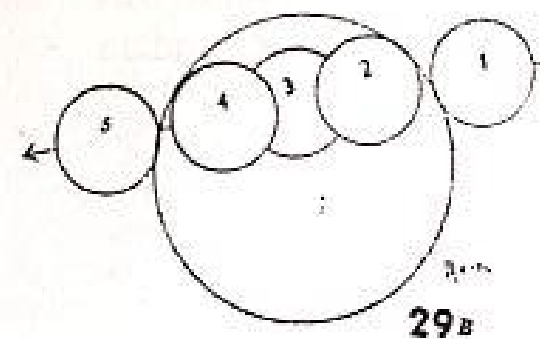
Sebagaimana jang telah diterangkan, bahwa falak Bulan letaknja tidak sedatar dengan falak Bumi, sebab djika demikian akan terdjadi gerhana Bulan pada tiap Bulan purnama (istiqbal) dan gerhana Matahari pada tiap Bulan idjtima'. Akan tetapi oleh karena falak Bulan itu miring dari dr. burudj 5 8', maka jang biasa terdjadi, Bulan itu melalui diatas atau dibawah bajangan Bumi, sedang gerhana Bulan dapat terdjadi djika Bulan itu masuk kedalam inti bajangan Bumi, djika seluruhnja masuk kedalam inti bajangan maka terdjadi gerhana penuh (gelap), tetapi kalau hanja sebagian, maka tidaklah penuh. Gambar 29 melukiskan dua matjam gerhana, jang disebelah atas, gerhana Matahari dan jang dibawah gerhana Bulan. Gerhana Matahari dapat terlihat penuh (gelap seluruhnja) oleh orang jang bertempat tinggal ditempat a pada gambar tersebut. Adapun ditempat antara a dan b, atau diantara a dan c, hanja kelihatan sebagian sadja (tidak penuh).

Karena pula letak falak Bulan miring dari dr. burudj, gerhana Bulan atau Matahari hanja dapat terdjadi ketika istiqbal dan idjtima' bilamana Bulan pada waktu itu letaknja dekat kepada titik 'uqdah (lijnder knopen) djauzahar atau naubahar.

Bajangan Bumi bangunnja bulat runtjing sebab Matahari amat besar sekali jaitu 1378 000 kali besar Bumi. Runtjingnja bajangan itu memandjang amat djauh sekali, jaitu 108 x pandjang garis tengah Bumi atau kl. 1383 000 Km., djauh

Bulan dari Bumi rata-rata 384 000 Km., berarti Bulan masih dapat melalui dan masuk kedalam inti bajangan Bumi tersebut, bahkan diterangkan, garis tengah bajangan jang dilalui Bulan, dua kali garis tengah Bulan (2,2), berarti, Bulan dapat masuk seluruhnja kedalam inti bajangan itu, jaitu ketika gerhana kelihatan penuh. Bulan melalui bajangan tersebut lamanja rata-rata 2 djam 5 menit. Gerhana Matahari paling lama 4 djam 30 menit.

Dipandang dari seluruh tempat dimuka Bumi, dalam 18 tahun dapat terdjadi gerhana 70 kali, 29 kali gerhana Bulan dan 41 kali gerhana Matahari. Dalam 1 tahun tidak pernah terdjadi gerhana lebih dari 7 kali dan tidak parnah kurang dari 2 kali.

Meskipun gerhana Matahari itu terdjadinja lebih banjak dari pada gerhana Bulan dengan perbandingan lk. 3 : 2, tetapi bagi setempat lebih banjak melihat gerhana Bulan dari pada melihat gerhana Matahari, sebab gerhana Bulan dapat terlihat diseluruh tempat jang pada waktu itu Bulan berada diatas ufuknja, tetapi gerhana Matahari tidaklah demikian.

Gamb. 29a Gerhana Matahari.
Pada gamb. 29a, garis tebal itu ialah tempat2 jang dilalui gerhana penuh (gelap).

Gamb. 29b, gerhana Bulan, penuh (gelap).

1. Permulaan Bulan tampak gerhana.
2. Mulai kelihatan penuh (gelap).
3. Tengah-tengah gerhana.
4. Penghabisan penuh (gelap).

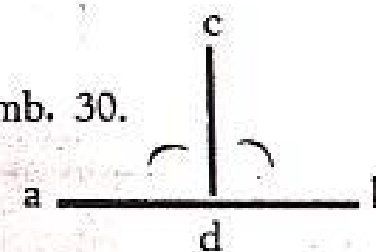
BAHAGIAN KE III.
DARI HAL UKURAN.

Oleh karena ukuran-ukuran jang berlaku dalam ilmu falak itu ukuran deradjah, baiklah disini kami terangkan sekedar hal-hal jang perlu mengenai ukuran deradjah itu.

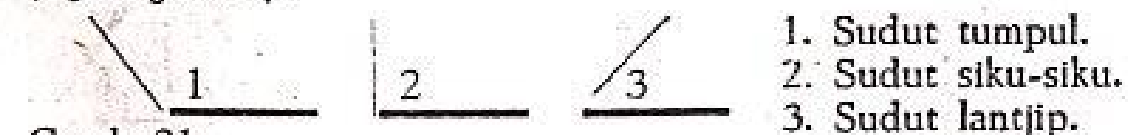
Ukuran deradjah ialah untuk menentukan luas dan sempitnja sudut, atau pandjang dan pendeknja garis busur. Jang dinamai sudut ialah bidang dibatasi dua garis bertemu, dan busur ialah potongan atau bagian garis lingkaran (cirkel).

Telah ditentukan, tiap lingkaran besarnja 360 deradjah, setengah lingkaran 180 deradjah dan seperempatnja 90 deradjah. 1 deradjah sama dengan 60 menit, 1 menit sama dengan 60 detik dan 1 detik sama dengan 60 micron. 1 deradjah ditulis 1°, 1 menit ditulis 1', 1 detik 1" micron 1"' dan selandjutnja.

Gamb. 30.

Tersebut gambar 30, garis a b disebut garis lurus dan c d garis tegak (siku-siku).

Garis lurus jang tegak pada garis lurus lainnja, timbul dua buah sudut jang sama besarnja, masing-masing 90°. Sudut jang besarnja 90° disebut sudut tegak (siku-siku).

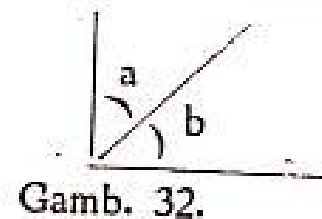
Karena itu, tiap-tiap garis lurus, besar sudutnja 180° (½ lingkaran).

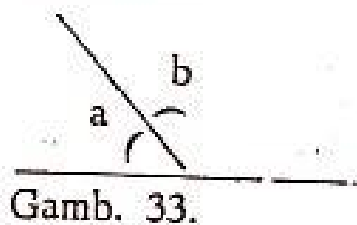
1. Sudut tumpul.
2. Sudut siku-siku.
3. Sudut lantjip.

Gamb. 31.

Sudut 1 pada gambar 31 lebih besar dari pada sudut 2 dan sudut 2 lebih besar dari sudut 3, kemudian ditulis :

$\angle 1 > \angle 2$. $\angle 2 > \angle 3$. Sudut 3 lebih ketjil dari sudut 2 dan sudut 2 lebih ketjil dari sudut 1, kemudian ditulis: $\angle 3 < \angle 2$. $\angle 2 < \angle 1$.

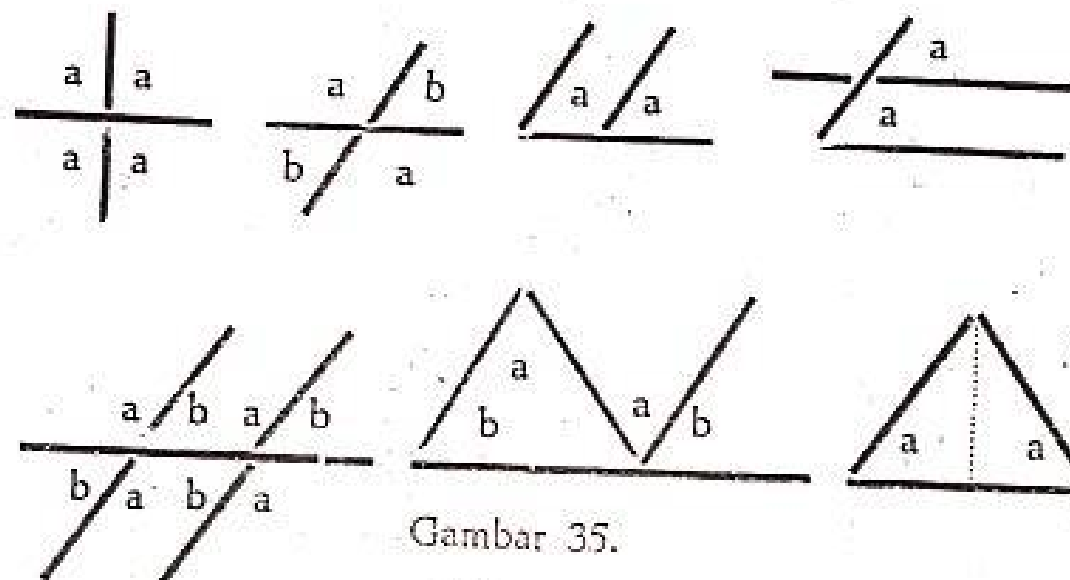
Sudut tumpul $> 90^0$ tetapi $< 180^0$.
Sudut lantjip $< 90^0$.

COMPLEMENT DAN SUPPLEMENT.

Gamb. 32.

$a + b = 90^0$ (gambar 32).
Sudut b adalah complement bagi sudut a, atau sudut a complement bagi sudut b.
Sebuah sudut dan complementnja $= 90^0$.

Gamb. 33.

$a + b = 180^0$ (gambar 33).
Sudut b adalah supplement bagi sudut a atau sudut a supplement bagi sudut b.
Sebuah sudut + supplementnja $= 180^0$.

SUDUT - SUDUT JANG SAMA BESARNJA.

Tersebut dibawah ini dilukiskan beberapa sudut jang sama besarnja. Sudut-sudut jang sama hurufnja pada gambar tersebut adalah sama besarnja.

Gambar 35.

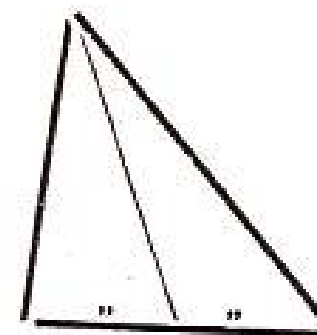
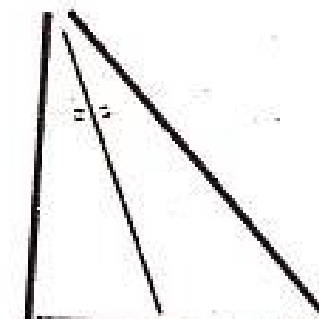
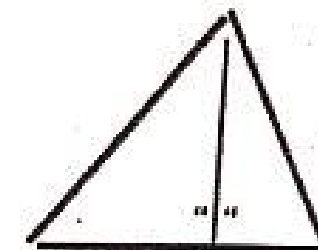
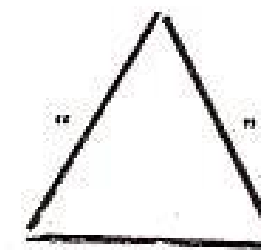
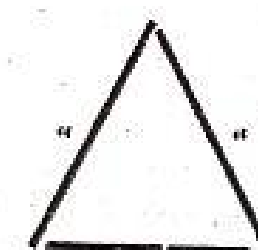
SEGI TIGA.

Segi tiga ialah tiga buah garis jang memperhubungkan tiga buah titik jang tidak terletak pada satu garis, lurus. Tiga buah garis tersebut dinamai; sisi segi tiga, pendjuru antara sisi-sisi disebut sudutnja. Sisi dan sudut semuanja dinamakan: unsur-unsur segi tiga.

Sudut jang bersisian dengan sudut-sudut segi tiga disebut sudut luar. Sudut luar salah satu sudut segi tiga sama dengan djumlah kedua sudutnja jang lain.

Garis lurus dari sebuah titik sudut berpetengahan sisi depannja disebut **garis berat**.

Garis lurus jang membagi dua sama besar sebuah sudut dinamai **garis bagi**.

Garis lurus jang dibuat tegak-lurus dari sebuah titik sudut ke sisi depannja disebut **garis tinggi**.

Garis berat.

Garis bagi.

Garis tinggi.

Samasisi.

Samakaki.

Segi tiga jang salah satu sudutnja siku-siku dinamai segi tiga siku-siku. Kedua sisi sudut siku-siku itu disebut sisi siku-siku, dan jang lain (sisi depan sudut itu) sisi miring.

Segi tiga jang ketiga sudutnja lantjip dinamai segi tiga lantjip.

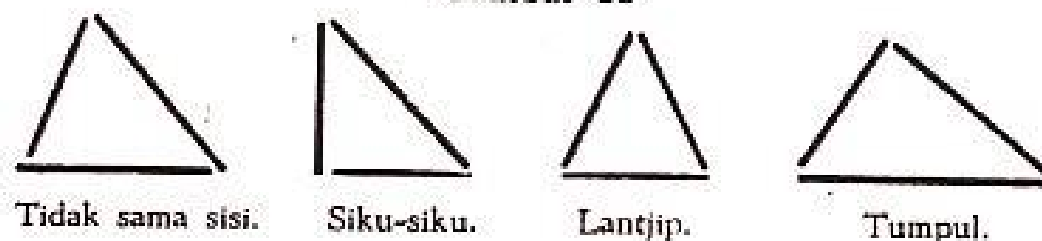
Segi tiga jang salah satu sudutnja tumpul dinamai segi tiga tumpul.

Segi tiga jang sama pandjang sisinja dua buah dinamai segi tiga sama kaki. Sisi jang sama dinamai kakinja jang satu lagi disebut alasnja. Titik sudut didepan alasnja disebut puntjak. Sudut jang puntjak sebagai titik sudutnja disebut sudut puntjak.

Segi tiga jang sama pandjang ketiga sisinja dinamai segi tiga sama sisi.

Segi tiga jang tidak sama sisinja ketiganja dinamai segi tiga tidak sama sisi, salah satu sisi disebut alasnja, kedua sisi jang lain kaki tegaknja.

Gambar 35

Tidak sama sisi. Siku-siku.

Lantjip.

Tumpul.

Ketentuan-ketentuan.

1. Dalam suatu segi tiga hanjalah satu sadja sudut siku-siku atau sudut tumpul; sudut jang dua lagi lantjip.
2. Dua buah segi tiga jang sama sudutnja dua buah, sudutnja jang satu lagi tentu sama pula.
3. Kedua sudut lantjip dalam segi tiga siku-siku, djumlah keduanja berpenjiku.

Semua segi tiga djumlah sudutnja 180° . Hal ini dapat dibuktikan dengan gambar 36. Sudut a besarnja sama dengan sudut a', demikian pula sudut b sama dengan sudut b', kemudian sudut c + a' + b' merupakan setengah lingkaran besarnja 180°.

Gambar 36

DJAIB DAN DHIL.

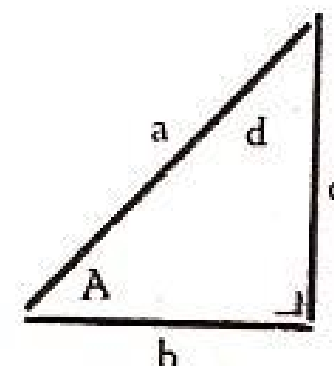
(Sinus dan tangens).

Pada segi tiga siku-siku, tiap-tiap sudut A (gamb. 37) berobah besarnja, maka perbandingan antara sisi siku-siku dan sisi miring pun berobah djuga demikian pula dengan sisi alasnja. Kemudian jang dinamakan djaib, ialah sisi siku-siku (c) berapa kalinja sisi miring (a) dan dhil ialah sisi siku-siku berapa kalinja sisi alas (b). Kemudian ditentukan sebagai berikut :

$\frac{c}{a}$ = djaib (sinus) A.

$\frac{c}{b}$ = dhil (tangens) A.

$\frac{b}{a}$ = djaib taman (cosinus) A.

$\frac{b}{c}$ = dhil taman (cotangens) A.

Gamb. 37

diperhatikan:

$\frac{b}{a}$ = sinus d ; $\frac{b}{c}$ = tangens d.

$\frac{c}{a}$ = consinus d ; $\frac{c}{b}$ = cotangens d

Beberapa ketentuan.

a x sin. A = c.	c : sin. A = a.	a x sin. d = b.	b : sin. d = a.
a x cos.A = b	c : tg. A = b	a x cos.d = c	c : cos. d = a
b x tg. A = c	b : cos.A = a	c x tg. d = b	b : tg. d = c
c x cot.A = b	b : cot. A = c	b x cot d = c	c : cot d = b.

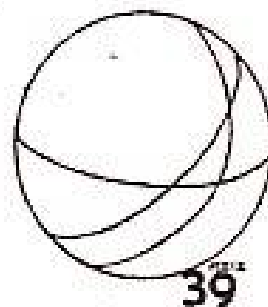
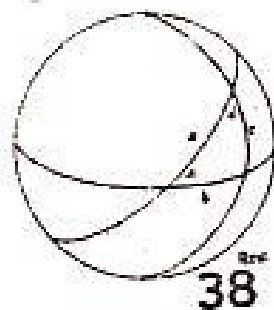
SEGI TIGA PADA BOLA.

Segi tiga pada bola adalah tjembung, sisi-sisinja terdjadi dari da-iroh-da-iroh besar. Segi tiga ini ada dua matjam jaitu segi tiga tegak (siku-siku) dan segi tiga serong.

Segi tiga siku-siku, salah satu sisinja terdjadi busur da-iroh jang melalui kedua kutub da-iroh besar. Adapun jang serong tidaklah demikian. Gambar 38 melukiskan segi tiga siku-siku, gambar 39 segi tiga serong.

sin. a x sin. A = sin. c	sin. b x tg. A = tg. c
sin. a x sin. d = sin. b	sin. c x tg. d = tg. b
sin. c x sin. d = cos. A	cot. d x cot. A = sin. a
cos. b x sin. A = cos. d	cos. A : sin. d = cos. c
cos. a x tg. d = cot. A	cos. d : sin. A = cos. b
tg. a x cos. d = tg. c	cos. a : cos. b = cos. c
tg. a x cos. A = tg. b	cos. a : cos. c = cos. b.

38

39

LOGARITHMA.

Logarithma ialah angka-angka untuk menentukan martabatnja **bilangan, umpamanja: Log. 1 = 0; Log. 3 = $^1/_2$;** Log. 9 = 1; Log. 27 = $1^1/_2$; Log. 81 = 2; dan seterusnja.

Oleh karena angka-angka logarithma itu banjak sekali, maka jang biasa dipakai, ialah angka-angka jang didjadikan pokoknja (exponent = اس) angka 10. Logarithma sematjam ini disebut **Briggsche logarithma,** jaitu jang didjadikan dasar pokoknja: 10^1 = 10: 10^2 = 100: 10^3 = 1000; 10^4 = 10000 **demikianlah** selandjutnja. Djadi log. bilangan 10 = 1; 100 = 2; log. 1000 = 3; log. 10000 = 4 dan seterusnja. Log. 1 = 0.

Adapun bilangan - bilangan selain jang tersebut diatas (1, 10, 100, 1000, 10000 dan selandjutnja) jaitu bilangan-bilangan jang ada diantara bilangan-bilangan tersebut, umpamanja bilangan 5, 17, 140, d.l.l., maka log.nja akan terdapat suatu angka petjahan, misalnja bilangan 5 log.nja 0,69897, bilangan 17 log.nja 1,23045, bilangan 140 log.nja 2,14613, (bilangan 10 log.nja 1,00000, bilangan 100 log.nja 2,00000). Angka-angka jang sebelum koma disebut penundjuk (karakter-

ristiek = بيانى) dan jang sesudah koma disebut petjahan (mantisse = كسور).

Selandjutnja untuk mentjari **log.nja bilangan - bilangan** jang lain, dapat kita tjari dalam sebuah **daftar chusus** untuk itu, jaitu jang disebut daftar **briggsche logarithma** seperti karangan Dr. B. Gonggrijp dan **lain-lainnja.**

Didalam daftar tersebut biasanja angka - angka penundjuknja tidak disebutkan, dalam hal ini supaja dibubuhi sendiri dengan ketentuan bahwa bagi bilangan esaan penundjuknja 0, bagi puluhan penundjuknja 1, bagi ratusan = 2, bagi ribuan = 3 dan seterusnja. **Demikian** djuga, angka-log. jang tiada berobah pun tidak ditulis, misalnja:

Bilangan	145	log.nja	,16137	utuhnja	adalah	2,16137
"	146	"	435	"	"	2,16435
"	147	"	732	"	"	2,16732
"	148	"	,17026	"	"	2,17026
"	1055	"	,023252	"	"	3,023252

Adapun gunanja briggsche logarithma, ialah untuk memudahkan mengalikan atau membagi bilangan kepada bilangan lainnja atau mempergandakan dan sebagainja, misalnja bilangan a x bilangan b = log. a + log. b; bil. a : bil. b = log. a − log. b.

GONIOMETRISCHE FUNCTIES.

Goniometrische functies ialah untuk menerangkan perbandingan - perbandingan antara sisi-sisi segi tiga siku-siku. Sebagaimana keterangan diatas tiap-tiap sudut A pada gambar 37 berobah, perbandingan antara sisi siku-siku dengan sisi miring demikian pula dengan sisi alasnja akan berobah djuga. Dalam hal ini telah dibuatkan daftar jang tjukup dengan ukuran besarnja sudut 0° sampai 90°. Didalam daftar tersebut terdapat angka - angka jang menundjukkan sinus deradjah-deradjah sudut demikian pula tangens, cosinus dan cotangensnja. (dalam istilah disebut a'sja-ri = اعشارى maka sinus disebut djaib a'sjari, tangens = dhil a'sjari dan seterusnja).

Pada ruangan pertama disebelah kiri disebutkan deradjah - deradjah sudut demikian pula menit (bagi daftar jang besar disebutkan djuga detiknja) mulai 0° sampai 45°, dja-

lannja dari atas kebawah, dan penundjuk functienja terletak diatas. Pada ruangan jang terachir jaitu jang disebelah kanan disebutkan deradjah-deradjah sudut, demikian pula menitnja atau detiknja mulai 45° sampai 90°, djalannja dari bawah keatas dan penundjuk functienja ditulis dibawah.

Tersebut dibawah inilah sebagai tjontoh, kami ambilkan sebagian daftar tersebut dengan menitnja melontjat tiap-tiap 20'.

Mn.	Sinus	tangens	cotangens	cosinus	
20° 0'	0,34202	0,36397	2,74748	0,93969	60' 69°
20'	0,34748	0,37057	2,69853	0,93769	40'
40'	0,35293	0,37720	2,65109	0,93565	20'
20° 60'	0,35837	0,38386	2,60509	0,93358	0' 69°
21° 20'	0,36379	0,39055	2,56046	0,93148	40' 68°
40'	0,36921	0,39727	2,51715	0,92935	20'
21° 60'	0,37461	0,40403	2,47509	0,92718	0' 68°
	cosinus	cotangens	tangens	sinus	Mn.

Dari daftar tersebut diatas, akan mentjari sinus 20° 40' terdapat 0,35293, cosinusnja 0,93565, tangensnja 0,37720 dan cotangensnja 2,65109.

Sudut 68° 20' sinusnja terdapat 0,92935, cosinusnja 0,36921, tangensnja 2,51715 dan cotangensnja 0.39727.

Supaja diperhatikan bahwa: 0,36379 adalah sinus bagi sudut 21° 20' dan cosinus bagi sudut 68° 40'; 0,38386 adalah tangens bagi 20° 60' (21° 0') dan cotangens 69° 0'.

Angka-angka jang terdapat dalam daftar goniometrische functies tersebut diatas adalah angka biasa, artinja djika akan mendjumlah, mengalikan, mengurangi atau akan membagi angka-angka tadi, harus djuga didjumlah sebagaimana mendjumlah angka biasa demikian pula akan mengurangi, mengalikan dan membagi.

Adapun untuk memudahkan mengalikan dan membagi, dapatlah kita memakai daftar logarithma der goniometrische functies (daftar djaibijjah dan dhillijjah). Dalam daftar tersebut: log. sinus = djaibijjah; log. tangens = dhillijjah: log. cotangens = tamam dhillijjah; dan log. cosinus = tamam djaibijjah. Tjara mengambilnja tidaklah berbeda dengan daftar goniometrische functies. Dengan daftar ini akan mengalikan tjukup dengan didjumlah, dan akan membagi tjukup dengan dikurangi. Misalnja dalam hitungan hisab nanti akan terdapat suatu anggaran: sin. meil x sin. lebar tempat = sin. bu'dul qutur. Kita umpamakan meil Matahari pada sekarang ini 5° 10' dan lebar tempat (Jogjakarta) 7° 48', kemudian kita tjari dalam daftar:

Meil 5° 10'	log. sin. = 8,95450	+
Leb. tempat 7° 48'	log. sin. = 9,13263	
Bu'dul qutur	log. sin. = 8,08713 (angka 1 dl. 18 dibuang).	

Kemudian berapa deradjahkah jang log. sinusnja 8,08713, hal ini dapat kita tjari dalam daftar dengan kita tjotjokkan dengan angka jang terdekat, kemudian terdapat 0° 42', inilah deradjah bu'dul quturnja. Misalnja lagi dalam anggaran tersebut: sin. meil: cos. lebar tempat = sin. si'ah (arah Matahari):

Meil 5° 10'	log. sin. = 8,95450	–
Leb. temp.	log. cos. = 9,99596	
Si'ah 5° 13'	log. sin. = 8,95854	

5° 13' itulah jg terdapat dalam daftar setelah ditjotjokkan dengan angka jang terdekat dengan 8,95854.

Akan tetapi djika dalam anggaran, tersebut djumlahan atau pengurangan, maka tidak boleh memakai daftar logarithma der goniometrische functies. Dalam hal ini kita harus memakai daftar angka-angka biasa jaitu daftar goniometrische functies. Misalnja dalam anggaran tersebut: sin. ashal mu'addal + sin. bu'dul qutur = sin. irtifa'. Untuk menghasilkan hitungan ini kita gunakan daftar goniometrische functies, kemudian kita tjari dalam daftar itu dengan kita misalkan; ashal mu'addal 2° 48' dan bu'dul qutur 0° 42':

Ashal mu'addal	2° 48'	sin. = 0,04885	
Bu'dul qutur	0° 42'	sin. = 0,01222	+
Irtifa'	3° 30'	sin. = 0,06107	

3° 30' itulah jang terdapat dalam daftar setelah ditjotjokkan dengan angka jang terdekat kepada 0,06107.

MENDJUMLAH D./S. ANGKA-ANGKA BURUDJ, DERADJAH, MENIT, DAN SETERUSNJA.

Akan mendjumlah dan mengurangi angka-angka burudj, deradjah, menit dan seterusnja harus diperhatikan jang tersebut dibawah ini :

Tanda - tanda.

Bagi burudj ; L deradjah ° , menit ' ; detik " dan micron '"
Tiap2 12 L = 0 L. Maka 13 L = 1 L ; 15 L = 3 L ; 20 L = 8 L ; 26 L = 2 L ; 37 L = 1 L.
„ 30° = 1 L. Maka 35° = 1 L 5° ; 50° = 1 L 20° ; 75° = 2 L 15° .
„ 60' = 1° . Maka 75' = 1° 15' ; 125' = 2° 5'.

Tjontoh mendjumlah.

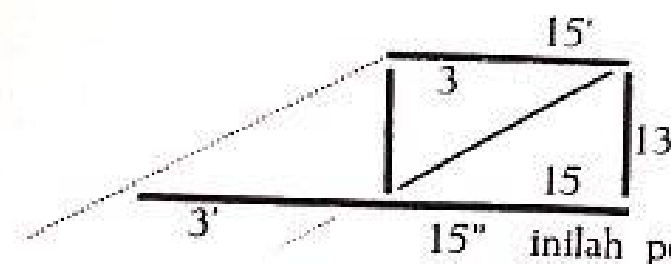
1 L 13° 49' 22"	6 L 24° 1' 44"	11 L 18° 55' 9"
9 L 20 45' 57" +	8 L 13° 8' 45" +	3 L 12° 55' 48" +
11 L 4° 35' 19"	3 L 7° 10' 29"	3 L 1° 50' 57"

Tjontoh mengurangi.

11 L 1°o 55' 9"	0 L 23° 4' 52"	7 L 5° 50' 56"
3 L 12° 55' 48" –	4 L 24° 46' 1" –	6 L 25° 18' 30" –
8 L 5° 59' 21"	7 L 28° 18' 44"	0 L 11° 32' 26"

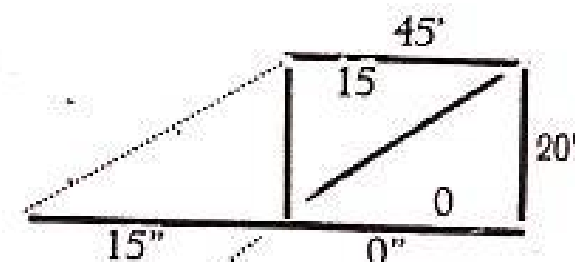
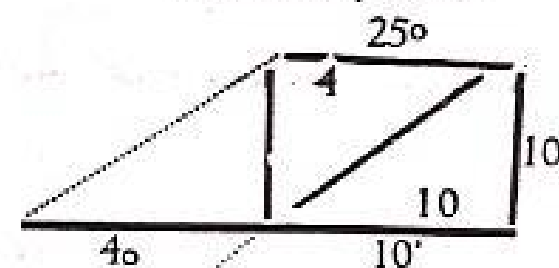
Kemudian akan mengalikan, maka dibuatnja segi empat banjaknja menurut banjak tingkatan angka-angka jang dikalikan dan jang diperkalikan. Segi empat itu diberi garis dari sudut atas disebelah kanan kesudut hadapannja. Ruangan diatas untuk menempatkan angka jang telah naik tingkatannja, kelebihannja ditaruh diruangan bawah. Tiap-tiap angka setelah sampai 60 maka dinaikkan tingkatannja mendjadi satu. 120 mendjadi dua, 180 mendjadi tiga dan seterusnja, kemudian angka 1, 2, dan 3 itulah jang ditaruh diruangan atas, dan djika ada kelebihannja, misalnja angka 75 setelah jang 60 dinaikkan tingkatannja mendjadi 1, maka terdapat kelebihan 15. Angka 125 kelebihannja 5, kemudian angka 15 dan 5 itulah jang ditaruh diruangan bawah. Tjontohnja : 15' x 13' supaja dilukiskan seperti ini :

Huruf L mestinja ℒ.

inilah pendapatannja.

Kemudian akan mengetahui tingkatannja, supaja diperhatikan anggaran tersebut dibawah ini :

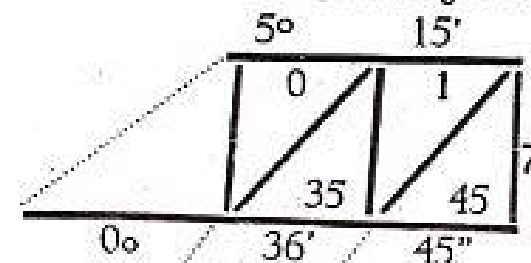
Deradjah mempunjai us 0 ; Menit 1 ; detik 2 ; micron 3 dan seterusnja. Untuk mengetahui tingkatan hasil perkalian, maka us jang dikalikan dengan jang diperkalikan didjumlah, umpamanja menit x menit = detik (us-nja 2), menit x detik = micron (jang ber-us 3), deradjah x menit = menit dan seterusnja. Misalnja ; 5' x 6' = 30" ; 3' x 7" = 21"' ; 7° x 4' = 28' ; 6° x 3" = 18" ; 5° x 5° = 25°.

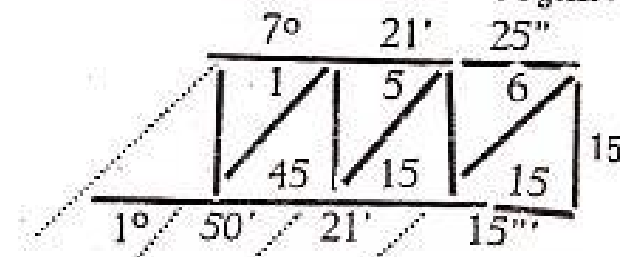
Dalam tjontoh tersebut diatas (15' x 13') tingkatan pendapatannja ialah detik, detik inilah mendjadi tingkatan angka jang ditaruh diruangan bawah jaitu angka 15'. Adapun angka 3, tingkatannja sudah naik dari detik ketingkatan diatasnja jaitu menit. Djadi pendapatan 15' x 13' = 3' 15".

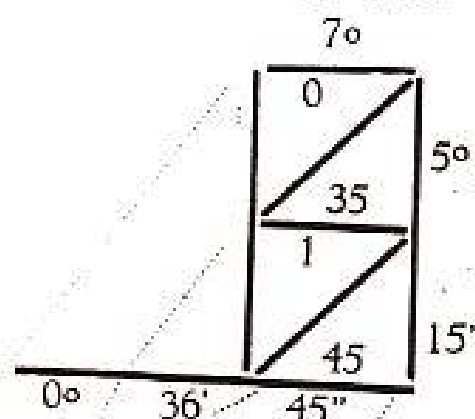
Beberapa tjontoh :

Tersebut diatas baru mengenai perkalian jang masing-masing hanja satu matjam tingkatan. Adapun djika lebih dari satu matjam tingkatan harus disusun sebagai berikut :

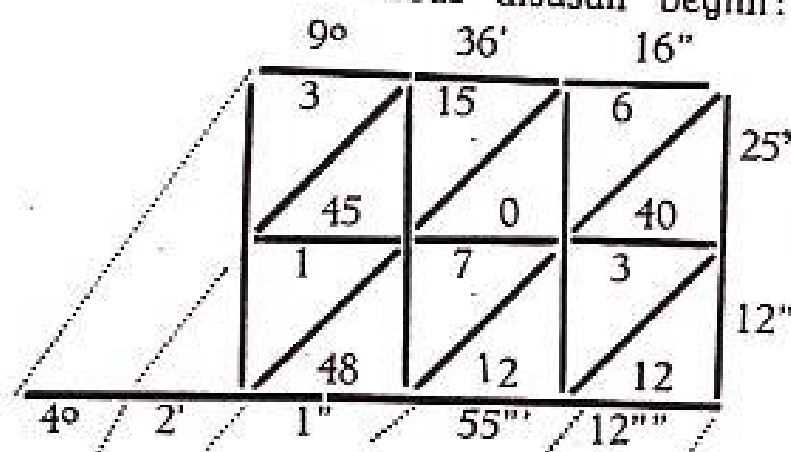
5° 15' x 7' = ?

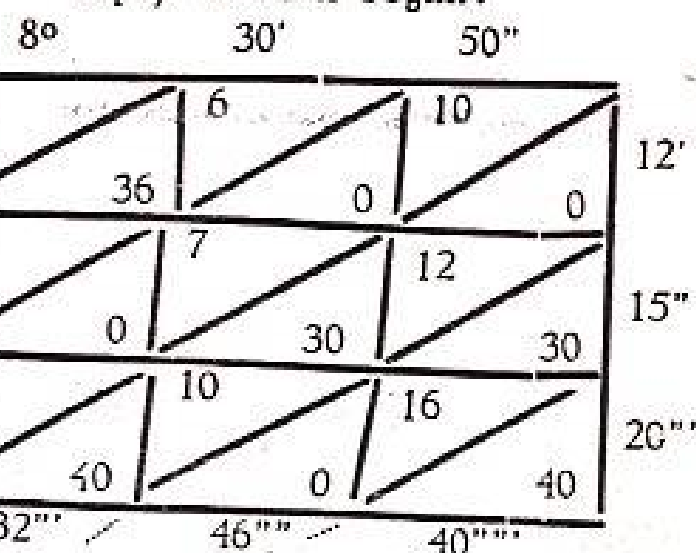
harus disusun begini :

5° 15'
0 1
35 45 7'
0° 36' 45"

7° 21' 25" x 15' = ?

harus disusun begini :

Angka 36 tersebut ialah djumlahan dari angka 1 + 35 sebab kedua-duanja adalah satu tingkatan.

7° x 5° 15' = ?

9° 36' 16" x 25' 12" = ?

harus disusun begini:

8° 30' 50" x 12' 15" 20"' = ?

supaja disusun begini:

HISAB WAKTU SHOLAT.

Didalam hukum fekih diterangkan, bahwa sholat lima kali pada tiap-tiap hari itu telah ditentukan waktunja, jaitu: sholat Maghrib djika Matahari telah terbenam, sholat 'Isja' ketika awan merah disebelah barat telah hilang dari pandangan mata, sholat Shubuh ketika terbit fadjar shodiq jaitu sinar disebelah timur melintang memandjang dari utara ke-

selatan, sholat dhuhur ketika Matahari telah tergelintjir (melalui garis tengah siang). Kemudian sholat 'Ashar ialah ketika pandjang bajangan sesuatu, sama dengan pandjang barangnja dengan ditambah pandjang bajangan ketika Matahari berada ditengah-tengah garis tengah siang.

Kemudian akan mengetahui pada djam berapakah ketentuan masing-masing waktu sholat pada tiap-tiap harinja, hal ini dapat dihitung dengan anggaran-anggaran hitungan segi tiga pada bola (segi tiga tjembung) dengan menggunakan daftar goniometrische functies dan daftar logarithmen der goniometrische functies atau djuga dengan alat rubu' mudjajjab, tetapi dengan alat rubu' ini adalah kurang teliti sebab sangat sukar untuk mendapatkan angka-angka tingkatan menit dsb. Selandjutnja harus diketahui lebih dahulu „BU'-DUD-DARADJAH" (djauh deradjah), jaitu djauh Matahari dari chotul istiwak dihitung dengan deradjah sepandjang garis da-irotul burudj (ecliptica).

Untuk mengetahui berapa „Bu'dud-darodjah" pada hari ini umpamanja, lebih dahulu harus dilihat, pada hari itu Matahari tiba diburudj dan deradjah berapakah. Telah diterangkan dalam bagian II fatsal thul atau takwim, bahwa pada tiap-tiap tanggal 21 Maret Matahari tiba diburudj Hamal 0° (tepat dichottul istiwak), pada waktu itu Bu'dud-darodjah adalah 0°. Kemudian pada tgl. 27 Maret Matahari tiba diburudj Hamal 6° disebelah utara, bu'dud darodjahnja adalah 6 deradjah disebelah utara. Pada tgl. 21 Djuni tiba diburudj Sarothon 0° (sedjauh-djauh Matahari keutara chottul istiwak), pada waktu itu bu'dud-darodjahnja adalah 90 darodjah sebelah utara. Kemudian pada tgl. 27 Djuni Matahari tiba diburudj Sarothon 6°, pada waktu itu bu'dud-darodjahnja ialah 90° - 6° = 84°, karena sesudah Matahari tiba diburudj Sarothon 0° itu kemudian mengisar keselatan mendekati cht. istiwak, berarti makin berkurang dari 90°. Pada tgl. 22 September Matahari tiba diburudj Mizan 0° (tepat di cht. istiwak) bu'dud-darodjahnja adalah 0°, kemudian pada tgl. 30 September tiba diburudj Mizan 8°, bu'dud-darodjahnja ialah 8 darodjah sebelah selatan cht. istiwak. Pada tgl. 24 Oktober tiba diburudj 'Aqrob 0°, bu'dud darodjahnja adalah 30° sebelah selatan. Kemudian pada tgl. 30 Oktober tiba diburudj 'Aqrob 6°, pada waktu itu bu'dud darodjahnja ialah

30° + 6° = 36° sebelah selatan. Pada tg. 21 Desember Matahari tiba diburudj Djadyu 0° (sedjauh - djauh Matahari keselatan) bu'dud darodjahnja 90° sebelah selatan. Kemudian pada tg. 30 Desember tiba diburudj Djadyu 9°, berarti bu'dud darodjahnja ialah 90° - 9° = 81° sebelah selatan, karena sesudah tiba diburudj Djadyu 0° itu, Matahari berdjalan mengisar keutara mendekati cht. istiwak, berarti makin berkurang dari 90°. Demikianlah seterusnja. Tentang hal ini agar lebih djelas, lihatlah kembali dengan seksama keterangan2 tersebut dalam bg. II fatsal thul atau takwim Matahari.

Kemudian setelah diketahui bu'dud darodjah, maka harus diketahui pula „Urdlul - balad", (lebar tempat disebelah utara atau sebelah selatan cht. istiwak) bagi kota Jogjakarta adalah 7° 48' disebelah selatan.

Selandjutnja, setelah diketahui bu'dud darodjah dan 'urdlul - balad maka baru dapat dimulai menghitung dengan anggaran2 hitungan segi tiga tjembung untuk mengetahui berapakah M e i l Matahari, G h o j a h, Bu'dul - q u t u r, N i s f u l - f u d l a h dan lain sebagainja.

Kemudian akan mengetahui jang tersebut diatas itu, harus diperhatikan beberapa anggaran - anggaran hitungan tersebut dibawah ini :

Anggaran no. 1 MEIL MATAHARI

Sin. Bu'dud darodjah x sin. Meil kulli (23° 27') = sin. MEIL. Misal :

Pada hari tanggal 5 Desember.

Pada hari itu Matahari tiba diburudj Qous 12° (8 L 12°)

Bu'dud darodjah = 60° + 12°	= 72°	log. sin. =	997821
Meil kulli.	23° 27'	log. sin. =	959983 +
MEIL Matahari (selatan)	= 22° 14'	log. sin.	957804

Peringatan.

Karena dalam anggaran tersebut, terdapat perkalian, maka agar mudah menghitungnja, dipakai daftar logarithmen der goniometrische functies, jaitu perkalian tersebut tjukup didjumlah sebagaimana tersebut diatas. Angka 22° 14' itulah pendapatannja, berarti pada tg. 5 Desember tsb. Meil Matahari adalah 22° 14' disebelah selatan cht. istiwak, sebab burudj Qous 12° itu adalah diselatan cht. istiwak.

Anggaran no. 2 GHOJAH IRTIFA'.

Meil + tamam (complement) 'urdlul-balad = GHOJAH djika bersamaan.

Tamam 'urdlul - balad - Meil (atau sebaliknja, jang terbanjak dikurangi) = GHOJAH djika bertentangan.

Peringatan.

Bersamaan tsb. diatas artinja, ketika Matahari dan letak tempat negerinja bersamaan diutara atau diselatan cht. istiwak. Adapun bertentangan adalah sebaliknja. Misal :

'Urdlul balad bagi Jogjakarta 7° 48' diselatan cht. istiwak.

Complementnja = 90° - 7° 48' =	82° 12'	bersamaan.
Meil Matahari (selatan)	22° 14' +	
GHOJAH Irtifa' =	104° 26'	

Peringatan.

Djika dalam djumlahan terdapat angka lebih dari 90°, maka Ghojah ialah complement dari kelebihannja, sebab ghojah tidak akan terdapat lebih dari 90°. Seperti tersebut diatas, dalam djumlahan terdapat angka 104° 26', maka kelebihannja 14° 26'. Kemudian Ghojahnja ialah compl. 14° 26' = 90° — 14 26' = 75° 34'. Kemudian disusun sebagai berikut :

Djumlah	104° 26'
	90° 00 —
Kelebihan	14° 26'

GHOJAH Irtifa' = compl. 14° 26' = 75° 34'.

Anggaran no. 3 BU'DUL QUTUR

Sin. Meil x sin. 'Urdlul balad = sin. Bu'dul qutur.

Misal :

Meil	22° 14'	log. sin.	957804
'Urd. bld.	7° 48'	log. sin.	913263 +
BU'DUL QUTUR =	2° 57'	log. sin.	871067

Anggaran no. 4 ASHAL MUTHLAQ

Cos. Meil x cos. 'Urd. balad = sin. Ashal muthlaq.

Misal :

Meil	22° 14'	log. cos.	996645
'Urd. balad	7° 48'	log. cos.	999596 +
ASHAL MUTHLAQ =	66° 30'	log. sin.	996241

Peringatan.

Djika Meil dan 'Urd. balad kedua-duanja 0°, maka Ashal muthlaqnja 90°. Djika salah satunja 0°, maka Ghojah itulah ash. muthlaq.

Anggaran no. 5 NISHFUL - FUDLAH

Sin. Bu'dul qutur : sin. Ashal muthlaq = sin. Nishful-fudlah. Misal :

Bu'dul-qutur	2° 57'	log. sin.	871067 —
Ashal muthlaq	66° 30'	log. sin.	996241
NISHFUL-FUDLAH =	3° 13'	log. sin.	874826

DAQO - IQUL ICHTILAF (refractie).
dan Daqo - īq Tamkinijah.

ICHTILAF UFUQ (perbedaan ufuk hakiki dan ufuk mar-ī).

Ufuk mar-ī ialah ufuk dengan pengelihatan mata, adapun ufuq hakiki jaitu ufuk jang sebenarnja. Busur jang menghubungkan titik samtur - roksi dengan garis ufuq besarnja 90°, tetapi bagi ufuk mar-ī lebih dari 90° sebab Matahari meskipun telah tiba tepat dibawah ufuk hakiki, masih dapat terlihat. Kemudian telah ditentukan bahwa perbedaan ufuk hakiki dengan ufuk mar-ī 0° 34' 54".

Anggaran no. 6 HISSHOH ICHTILAF UFUQ.

Sin ichtilaf ufuq : cos. 'Urd. balad = sin. Hisshoh ichtilaf.

Anggaran no. 7- DAQO - IQUL ICHTILAF (refractie)

Sin. Hisshoh ichtilaf : cos. Meil = sin Daqo-īqul ichtilaf.

Anggaran no. 8 DAQO - IQ TAMKINIJAH.

Daqo - īqul ichtilaf + ½ qutur Matahari (½ gr. tengah) = daqo - īq tamkinijah. Misal :

Ichtilaf ufuq	0° 34' 54" (35')	log. sin.	800779 —
'urd. balad	7° 48'	log. cos.	999596
HISSHOH ICHTILAF		log. sin.	801183
Meil Matahari	22° 14'	log. cos.	996645 —
DAQO-IQUL ICHTILAF =	0° 58'	log. sin.	804538
½ qutur Matahari rata-rata	0° 16' +		
DAQO-IQ TAMKINIJAH =	0° 54'.		

Anggaran no. 9 NISHFU QOUSIN NAHAR HAKIKI.

90° + Nisful fudlah = Nisfu qousin nahar hakiki djika bersamaan.

90° — „ „ = „ „ „ hakiki djika bertentangan.

Anggaran no. 10 - NISHFU QOUSIN NAHAR MAR-I.

Nishfu qousin nahar hakiki + daq. tamkinijah = Nis. qous nahar mar-i. Misal :

Nishful fudlah = 90° 00 + 3° 13' } **bersamaan.**

NISHFU QOUSIN NAHAR HAKIKI =	93° 13'
Daqo-īq tamkinijah	0° 54' +
NISHFU QOUSIN NAHAR MAR-I =	94° 07'.

WAKTU MAGHRIB.

Dengan Nishfu qousin nahar mar-ī dapat diketahui djam berapakah mulai waktu Maghrib dengan ketentuan bahwa tiap-tiap 1 deradjah sama dengan 4 menit. Tersebut diatas Nishfu qousin nahar mar-i 94° 7'. maka lama Nisf. qous. nahar mar-i jaitu 4 menit x 94° 7' (94 7/60) = 376 7/15 menit atau 6 djam 16' 28". Kemudian waktu Maghrib ialah 6 dj. 16' 28" dihitung sesudah djam 12 siang, terdapat pada djam 6 16' 28".

Anggaran no. 11 WAKTU 'ISJA'.

Sin. Bu'dul qutur + sin. 17° = sin. Ashal mu'addal djika bersamaan.

Sin. 17° — sin. Bu'dul qutur = sin. Ashal mu'addal djika bertentangan.

Sin. Ashal mu'addal : sin. Ashal muthlaq = sin. deradjah djam.

Deradjah djam + Daqo-īq tamkinijah = deradjah djam waktu 'Isja' dihitung dari djam 6 petang.

Misal :

Bu'dul qutur	2° 57'	sin.	0,05146 + } bersamaan.
	17° 00	sin.	0,29237
Ashal mu'addal	20° 07'	sin.	0,34383
Ashal mu'addal	20° 07'	log. sin.	953647 —
Ashal mutlaq	66° 30'	log. sin.	996241
Darodjah djam	22° 02' +	log. sin.	957406
Daq. tamkinijah	0° 54'		
Deradjah djam 'Isja'	22° 56'.	Kemudian dikalikan 4' = 88 menit 224 sekon = 1 djam 31' 44".	

Waktu 'Isja' = djam 6 ditambah 1 djam 31' 44" = djam 7 31' 44".

Waktu 'Isja' jang kedua.

Anggaran no. 12.

Anggarannja sama dengan anggaran-anggaran jang tersebut dalam waktu 'Isja' pertama ketjuali jang tersebut dalam waktu 'Isja' sin. 17°, harus diganti dengan sin. 19°.

Misal :

Bu'dul qutur	2° 57'	sin.	0,05146 +)	bersamaan.
	19° 00	sin.	0,32557)	
Ashal mu'addal	22° 09	sin.	0,37703	
" "	22° 09'	log. sin.	957638	
Ashal mutlaq	66° 30'	log. sin.	996241 —	
Deradjah djam	24° 16' +	log. sin.	961397	
Daq. tamkinijah	0° 54'			
Deradjah 'Isja' II	25° 10'	Kemudian dikalikan 4 menit = 100 menit 40 sekon = 1 dj. 40' 40".		

Waktu 'Isja' II. = djam 6 ditambah 1 dj. 40' 40" = djam 7 40' 40".

WAKTU SHUBUH.

Anggaran no. 13.

90° - deradjah djam 'Isja' II = deradjah djam waktu Shubuh, dihitung mulai djam 12 malam.

Misal :

	90° 00
Deradjah djam 'Isja' II	25° 10' —
DERADJAH DJAM SHUBUH	64° 50' x 4 menit = 4 djam 19' 20"

Waktu Shubuh = djam 12 ml. + 4 dj. 19' 20" = djam 4 19' 20" pagi.

TERBIT MATAHARI.

Anggaran no. 14.

180° - Nishfu qousin nahar mar-i = Nishfu qous lail (½ malam).

Nishfu qous lail adalah deradjah djam terbit Matahari dihitung dari djam 12 malam.

Misal :

	180° 00'
Nishfu qousin-nahar mar-i	94° 07' —
Nisf. qous lail (deradjah djam	85° 53' x 4 menit = 5 dj. 43' 32" Terbit Matahari).

TERBIT MATAHARI = djam 12 malam + 5 dj. 43' 32" = djam 5 43' 32".

WAKTU DLUHA.

Anggaran no. 15.

Telah ditentukan bahwa irtifa' (tinggi) Matahari disebelah timur untuk menentukan waktu Dluha ialah 4° 42' (setinggi tombak).

Sin. 4° 42' — sin. Bu'dul qutur = sin. Ashal mu'addal djika bersamaan.

Sin 4° 42' + sin. Bu'dul qutur = sin. Ashal mu'addal djika bertentangan.

Sin. As. Mu'addal : sin. As. Muthlaq = cos. Fadlud-da-ir.

Complement Fadlud-da-ir adalah deradjah djam waktu Dluha dihitung dari djam 6 pagi.

Misal :

Irtifa' Matahari	4° 42'	sin.	0,08194 —)	bersamaan.
Bu'dul qutur	2 57'	sin.	0,05146)	
Ashal mu'addal	1 45'	sin.	0,03048	
Ashal mu'addal	1 45'	log. sin.	848482	
Ashal mutlaq	66 30'	log. sin.	996241 —	
FADLUD-DA-IR	88 06'	log. cos.	852242	

Compl. 88° 06' = 90° — 88° 06' = 1° 54' (Deradjah dj. waktu Dluha).

Dikalikan 4 mn. = 7 mn. 36".

WAKTU DLUHA = djam 6 7' 36".

WAKTU DHUHUR.

Waktu Dhuhur, bila Matahari telah melewati garis tengah siang jaitu pada djam 12 lebih. Untuk berhati-hati, lebihnja itu telah ditentukan 4 menit, sebab dalam 4 menit Matahari telah benar-benar tergelintjir.

WAKTU 'ASHAR.

Anggaran no. 16.

Cot. GHOJAH + cot. tinggi barang (1,00000) = cot. irtifa' 'Ashar.

Sin. Irtifa' 'Ashar — sin. Bu'dul qutur = sin. Ashal mu'addal (bersamaan).

Sin. Irtifa' 'Ashar + sin. Bu'dul qutur = sin. Ashal mu'addal (bertent.).

Sin. As. mu'addal : sin. As. mutlaq = cos. Fadlud-da-ir.

Fadlud-da-ir tersebut adalah deradjah djam waktu 'Ashar dihitung dari djam 12 siang.

Misal :

Ghojah	75°	34'	cot. 0,25738			
Tinggi barang			cot. 1,00000 +			
IRTIFA' 'ASHAR	38°	30'	cot. 1,25738		sin. 0,62251	
Bu'dul qutur	2	57'			sin. 0,05146 —	
Ashal mu'addal . . . . =					sin. 0,57105	
Ashal mu'addal	34°	49'	log. sin.	975660		
Ashal mutlaq	66	30'	log. sin.	996241 —		
FADLUD-DA-IR (deradjah djam 'Ashar)	51°	30'	log. cos.	979419		

51° 30' x 4 menit = 3 djam 20'

WAKTU 'ASHAR = pada djam 3 20'.

Peringatan.

Djam-djam sebagaimana tersebut diatas, semuanja memakai djam ISTIWAK, jaitu djam jang dibenarkan dengan Matahari, ketika Matahari tiba ditengah-tengah benar antara timur dan barat (setingi - tinggi Matahari) pada waktu itu menundjukkan djam 12.

Hitungan-hitungan tersebut diatas adalah sebagai tjontoh menghitungkan waktu sholat pada ketika Matahari dan lebar tempat (U'rd. balad) bersamaan, jaitu bersamaan diselatan cht. istiwak.

Kemudian agar menambah lebih djelas lagi, perlu disini kami berikan tjontoh hitungan pada ketika Matahari dan lebar tempat bertentangan. Umpamanja kami misalkan ; akan mentjari hitungan waktu sholat pada hari tanggal 10 April bagi di Jogjakarta dengan peringatan pada tanggal 21 Maret Matahari tiba diburudj Hamal 0°.

Pada hari tanggal 10 April tersebut Matahari tiba diburudj Hamal 20°, Bu'dud-darodjahnja ialah 20° diutara cht. istiwak. Kemudian kami hitung sebagai berikut :

Bu'dud-darodjah	20°	00'	log. sin.	953405
Meil kulli	23	27'	log. sin.	959983 +
MEIL Matahari (diutara)	7°	49'	log. sin.	913388
Complement 'urd. balad	82°	12')	bertentangan.	
Meil	7	49' —)		
GHOJAH irtifa'	74	23'		
Meil	7	49'	log. sin.	913388
'Urd. balad	7	48'	log. sin.	913263 +
BU'DUL QUTUR	1°	04'	log. sin.	826651
Meil	7	49'	log. cos.	999595
'Urd. balad	7	48'	log. cos.	999596 +
ASHAL MUTLAQ.	78°	59'	log. sin.	999191
Bu'dul-qutur	1°	04'	log. sin.	826651
Ashal mutlaq	78	59'	log. sin.	999191 —
NISFUL FUDLAH	1°	05'	log. sin.	827460
Ictilaf ufuq 0° 34' 54" =	0	35'	log. sin.	800779
'Urudl balad	7	48'	log. cos.	999596 —
HISSOH ICHTILAF			log. sin.	801183
Meil'	7°	49'	log. cos.	999595 —
DAQO-IQ ICHTILAF (refractie)	0°	36'	log. sin.	801588
Nishfu qutur Matahari rata2	0°	16' +		
DAQO-IQ TAMKINIJAH	0°	52'		
Nishful fudlah	90	00')	bertentangan.	
	1	05' —)		
NISHFU QOUSIN NAHAR HAQIQI	88°	55'		

Nishfu qousin nahar hakiki 88° 55'
Daqo-iq tamkinijah 0 52'

NISHFU QOUSIN NAHAR MAR-I 89° 47' x 4 menit = 5 dj. 59' 8"
WAKTU MAGHRIB pada djam 5 59' 8"

	17°	sin. 0,29237	) berten-
Bu'dul qutur	1 04'	sin. 0,01862 −	) tangan.
Ashal mu'addal	15° 53'	sin. 0,27375	

Ashal mu'addal 15 53' log. sin. 943724 −
Ashal mutlaq 78 59' log. sin. 999191
Deradjah djam 16° 11' log. sin. 944533
Daqo-īq tamkinijah 0 52' +
DARODJAH DJAM WAKTU 'ISJA' 17° 03' x 4 mn. = 1 dj. 8' 12".
WAKTU 'ISJA' = djam 7 8' 12".

	19° 00'	sin. 0,32557	) berten-
Bu'dul qutur	1 04'	sin. 0,01862 −	) tangan.
Ashal mu'addal	17° 53'	sin. 0,30695	

Ashal mu'addal 17 53' log. sin. 948725
Ashal mutlaq 78 59' log. sin. 999191 −
DERADJAH DJAM 18° 14' log. sin. 949534
Daqo-iq tamkinijah 00 52' +
DERADJAH DJAM 'ISJA' II 19° 06' x 4 mn. = 1 dj. 16' 24".
WAKTU 'ISJA' II = djam 7 16' 24".

90° 00'
Deradjah djam 'Isja' II 19 06' −
DERADJAH DJAM SHUBUH 70° 54' x 4 mn. = 4 dj. 43' 36".
WAKTU SHUBUH = djam 4 43' 36"

180° 00'
Nisfu qousin nahar mar-ī 89 47' −
NISFU QOUS LAIL 90° 13' x 4 mn. = 6 dj. 0' 52".
TERBIT MATAHARI = djam 6 00' 52".

Irtifa' Matahari	4° 42'	sin. 0,08194	) berten-
Bu'dul qutur	1 04'	sin. 0,01862 +	) tangan.
Ashal mu'addal	5° 46'	sin. 0,10056	

Ashal mu'addal 5 46' log. sin. 900207 −
Ashal muthlaq 78 59' log. sin. 999191
FADLUD DA-IR 84° 07' log. cos. 901016
Complementnja = 90° − 84° 07' = 5° 53' dikalikan 4 mn. = 23' 32".

WAKTU DLUHA = djam 6 23' 32".

Ghojah	74° 23'	cot. 0,27952	+
Tinggi barang		cot. 1,00000	
IRTIFA' ASHAR	38° 01'	cot. 1,27952	
Irtifa' 'Ashar	38° 01'	sin. 0,61589	+) ber-
Bu'dul qutur	1 04'	sin. 0,01862	) tan.
Ashal mu'addal	39° 23'	sin. 0,63451	

Ashal mu'addal 39 23' log. sin. 980244 −
Ashal muthlaq 78 59' log. sin. 999191
FADLUD-DA-IR 49° 44' log. cos. 981053
49° 44' x 4 mn. = 3 dj. 18' 56"
WAKTU 'ASHAR = djam 3 18' 56"

Peringatan.

Hasil-hasil dari hitungan waktu sholat seperti tersebut diatas masih harus ditambah sekedar ihthijat (berhati-hati), jaitu bagi waktu Maghrib ditambah 3 menit, 'Isja' 2 mn., Shubuh 5 mn. dan 'Ashar 2 mn.

MEMBENARKAN DJAM SESUAINJA DENGAN DJAM ISTIWAK.

Akan membenarkan djam sesuainja dengan djam istiwak, dapat dikerdjakan pada tiap-tiap siang hari, meskipun pada waktu pagi sebelum djam 12 atau pada petang hari sesudah djam 12. Akan tetapi jang amat teliti ialah jang dibenarkan pada tiap-tiap djam 12 siang hari.

Kemudian akan membenarkan djam sebagaimana tersebut diatas, lebih dahulu harus diketahui bu'dul qutur dan Ashal muthlaq, demikian djuga irtifa' Matahari. Akan mengetahui irtifa' Matahari dapat dikerdjakan dengan memakai rubu' atau alat-alat lainnja. Lain dari pada itu harus diperingati waktu membenarkan djam tersebut, pada pagi hari sebelum djam 12 kah atau pada petang hari sesudah djam 12.

Djika pada waktu sebelum djam 12, maka tjara menghitungnja adalah sama seperti hitungan untuk mentjari waktu Dluha. Umpamanja kami misalkan akan membenarkan djam pada hari tanggal 10 April pada waktu pagi sedang irtifa' Matahari 15° 30'.

Sebagaimana jang tersebut dalam hitungan waktu sholat (tjontoh ke 2), pada tanggal 10 April itu Bu'dul qutur terdapat 1° 4', ashal mutlaq 782° 59', dan pada waktu itu letak Matahari dengan letak negeri bagi Jogjakarta bertentangan. Kemudian kami hitung sebagai berikut:

Irtifa' Matahari (sebelum dj. 12)		15° 30'	sin. 0,26724	ber-
Bu'dul qutur		1 04'	sin. 0,01862 +	tent.
Ashal mu'addal	=	16° 37'	sin. 0,28586	
Ashal mu'addal		16° 37'	log. sin. 945632	
Ashal mutlaq		78 59'	log. sin. 999191 −	
FADLUD-DAIR		73 04'	log. cos. 946441	

Complementnja (deradjah djam) = 90° − 73° 04' = 16° 56'. Kemudian dikalikan 4 menit = 1 djam 7' 44" dihitung dari djam 6 pagi. Maka pada waktu itu tepat djam 7 7' 44".

Adapun djika membenarkannja itu pada djam sesudah **djam 12, maka tjara dan menghitungnja pun tidak ada bedanja,** hanja sadja dalam hitungan ini, Fadlud da-ir itulah jang didjadikan deradjah djamnja dan dihitung dari djam 12 siang. Misalnja dalam hitungan tersebut diatas irtifa' Matahari 15° 30' dikira-kirakan pada sesudah djam 12, bu'dul qutur dan Ashal mutlaqnja tetap 1° 04' dan 78° 59' (tg. 10 April), maka fadlud da-irnja pun akan terdapat 73° 04' seperti tersebut diatas. Kemudian akan menentukan djam berapakah, maka fadlud da-ir itulah jang didjadikan deradjah djamnja dihitung dari djam 12 siang. Lebih dahulu fadlud da-ir 73° 04' itu dikalikan 4 menit = 292 menit 16 detik jaitu 4 djam 52' 16" dihitung dari djam 12 terdapat pada djam 4 52 16".

Kemudian akan membenarkan djam pada waktu djam 12 siang, hal ini dapat dikerdjakan sebagaimana jang biasa dikerdjakan oleh kalangan kita, jaitu dengan membuat lobang ketjil bundar diatas genting atau atap rumah sehingga sinar Matahari dapat melalui lobang itu dan terlihat bundar di-

atas lantai dibawah lobang tersebut. Kemudian diatas lantai dibawah lobang tersebut. Kemudian diatas lantai itu dibuatkan garis lurus kearah utara/selatan benar-benar melalui titik jang tepat benar dibawah lobang tersebut (siku-siku dengan dibuktikan memakai antingan). Sesudah itu maka pada tengah hari supaja dilihat, bila sinar jang melalui lobang jang terlihat diatas lantai itu telah terdapat ditengah-tengah garis tersebut, maka pada waktu itu adalah tepat menundjukkan djam 12. Atau dapat djuga dikerdjakan dengan sebuah alat dari pada papan datar, kemudian ditengah-tengah papan itu dibuatkan garis lurus, dan diatas tengah-tengah garis itu dipantjangkan sebuah paku atau sebilah batang jang lurus, tegaknja paku atau batang diatas papan harus berpenjiku (90°). Kemudian papan tersebut diletakkan diluar diatas tanah jang sedatar muka air, dan garis lurus diatas papan tersebut, diarahkan keutara / selatan jang sebenar - benarnja. Setelah selesai maka pada tengah hari dilihat, djika bajangan paku atau batang sudah tepat benar dengan garis lurus, maka pada waktu itu menundjukkan djam 12.

MENENTUKAN ARAH UTARA DAN SELATAN.

Sebagaimana jang tersebut diatas, akan membenarkan djam sesuainja dengan djam istiwak pada djam 12 siang, harus mengadakan garis lurus kearah utara / selatan jang sebenar-benarnja. Akan menentukan arah utara/selatan jang biasa dipakai oleh umum ialah dengan pedoman (kompas), tetapi sebetulnja, djarum pedoman itu belum menundjukkan kearah utara jang sebenar-benarnja. Djarum itu menudju kearah tanah Bafins diutara Amerika, lagi djarum pedoman tersebut buat dibeberapa tempat menudjunja keutara tidaklah sama, misalnja di Indonesia, menjerong dari utara jang sebenarnja lk. 1 deradjah ketimur, negeri 'Arab lk. 3 deradjah kebarat.

Miringnja djarum pedoman dari utara jang sebenarnja dinamakan declinatie (meil). Declinatie ini berobah pada tiap-tiap hari, jaitu pada djam 8 pagi berubah ketimur dan pada djam 12 siang berobah keberat disebabkan pengaruh Matahari. Perubahan ini akan bertambah djika di Matahari terdapat suatu perobahan misalnja di Matahari terdapat beberapa bintik-bintiknja (vlekken = كلفة), atau ada tja-

haja jang luar biasa dibahagian corona. Mengisarnja djarum pedoman ketimur atau kebarat jang karena pengaruh Matahari itu tidak akan melebihi dari 1° 30'.

Kemudian akan menentukan arah utara jang sebenarnja, dapat dikerdjakan diatas tanah/lantai dibawah Matahari atau diatas papan jang sedatar muka air, diatasnja dilukiskan garis lingkaran, pada titik pusatnja dipantjangkan sebuah paku atau lainnja jang berdiri tegak lurus siku-siku. Kemudian papan jang berlukiskan garis lingkaran diletakkan diatas tanah sedatar muka air pada ketika Matahari masih disebelah timur, maka akan tertampak bajangan paku disebelah barat, dan ketika puntjak bajangan tersebut tiba tepat pada garis lingkaran, berilah tanda titik pada titik pertemuan itu. Sesudah itu supaja ditunggu untuk sementara waktu sehingga Matahari tiba disebelah barat, dan bajangan paku itu akan kelihatan disebelah timur. Pada ketika puntjak bajangan paku tepat pada garis lingkaran, berilah tanda titik pada titik pertemuan itu. Kemudian apabila dua buah titik tersebut dihubungkan dengan garis lurus, maka garis lurus itu tepat menudju kearah barat atau timur jang sebenarnja. Kemudian buatlah garis lurus jang tegak siku-siku pada garis barat/timur tersebut. Maka garis inilah jang menundjukkan **kearah utara/selatan jang sebenarnja.**

DJAM ISTIWAK DAN DJAM WASATHI.

Djam untuk pembatasan waktu adalah dua matjam;
1. djam bintang jaitu djam jang dibenarkan dengan bintang.
2. djam Matahari jaitu djam jang dibenarkan dengan Matahari.

Sebagaimana jang diterangkan dalam bag. I, Bumi beredar pada porosnja selama 24 djam (sehari semalam), tetapi kalau ditentukan dengan sebuah bintang tetap, maka tidaklah 24 djam tepat bahkan kurang dari pada itu jaitu 23 dj. 56' 4". Misalnja kami umpamakan, pada djam 12 malam bintang Hamal tiba dipuntjak kepala seorang atau tiba digaris meridian, maka pada keesokan harinja, tepatnja bintang pada puntjak kepala atau tibanja lagi digaris meridian tidaklah pada djam 12 malam tetapi kurang dari pada itu jaitu pada djam 11 56' 4". Djika diukur dengan Matahari, tibanja Matahari dipuntjak kepala lagi tepat pada djam sebagaimana pada djam sebelumnja.

Djam jang ditentukan dengan bintang sebagaimana tsb. diatas, dinamakan djam sideraal (djam bintang), jang ditentukan dengan Matahari disebut djam bergelijken tijd (djam Matahari). Sehari semalam djam bintang 23 djam 56' 4" (86164 sekon), djam Matahari ialah 24 djam, perbedaan adalah 3 menit 56 detik.

Djam Matahari ada dua matjam: 1 djam wasathi (middelbaren tijd) atau jang biasa disebut djam pos atau djam kota (umum). 2. djam **istiwak** atau djam hakiki (warentijd).

Djam wasathi ialah djam jang dibenarkan dengan Matahari djuga, tetapi dengan diambil rata-ratanja dengan ditetapkan bahwa perbedaannja dengan djam bintang tiap hari 3 56", atau Matahari pada tiap-tiap hari selalu mundur dari sebuah bintang tetap 3' 56".

Adapun djam istiwak ialah djam jang dibenarkan dengan Matahari jang setepat-tepatnja. Oleh karena ini maka akan terdapat perbedaan diantara djam wasathi dengan djam istiwak, sebab jang sebenarnja perbedaan djam Matahari dengan djam bintang itu tidak tetap 3' 56", tetapi kadang-kadang lebih atau kadang-kadang kurang dari 3' 56" itu, jaitu berhubung dengan djalan Bumi mengedari Matahari, tidak tetap kadang-kadang lambat jaitu ketika Bumi tiba dititik aphelium dan kadang-kadang tjepat jaitu ketika tiba dititik perihelium (lihat keterangan bg. I). Oleh karena itu maka perbedaan djam istiwak dengan djam wasathi pun tidak tetap, kadang-kadang djam istiwak mendahului djam wasathi, kadang-kadang terlambat dan kadang-kadang bersamaan jaitu pada ketika tanggal 15 April, 15 Djuni, 31 Agustus dan pada tanggal 25 Desember.

Perbedaaan djam wasathi dengan djam istiwak dapat dilihat dalam daftar pada halaman terachir.

HISAB PENENTUAN KIBLAT SHOLAT.

Akan mengetahui arah kiblat dari sesuatu negeri, lebih dahulu harus diketahui, berapakah 'urd. balad bagi negeri itu, djuga 'urud. balad bagi Mekkah, demikian pula perbedaan pandjang tempat (fadlud-thulain) antara Mekkah dan negeri tersebut. Telah ditentukan bahwa 'urd. balad bagi Mekkah 21° 30' sebelah utara, thulnja (pandjang tempat) 39° 58' sebelah timur. Dalam hitungan mentjari kiblat ini,

'urd. balad bagi Mekkah dikira-kirakan sebagai meil, untuk selandjutnja dalam hitungan nanti 'urd. balad Mekkah kami sebut meil. Kemudian supaja diperhatikan anggaran-anggaran tersebut dibawah ini:

Sin. Meil x sin 'Urd. balad = sin. Bu'dul qutur.

Cos. Meil x cos. 'urd. balad = sin. Ashal mutlaq.

Sin. Ashal mutlaq x cos. perbedaan thul = sin. ashal mu'addal.

Sin. Ashal mu'addal — sin. Bu'dul qutur = sin. Irtifa' simit Mekkah, bagi negeri jang lebar tempatnja diutara cht. istiwak dan perbedaan thulnja kurang dari 90°, atau lebar tempatnja diselatan cht. istiwak dan perbedaan thul 90° atau lebih.

Adapun bagi negeri selain jang tersebut diatas, maka:

Sin. Ashal mu'addal — sin. Bu'dul qutur = sin. Irtifa' simit Mekkah (sebaliknja, jang banjak dikurangi jang sedikit).

$$\frac{\text{Sin. perbedaan thul x cos. Meil}}{\text{cos. Irtifa' simit Mekkah}} = \text{cos. DERADJAH KIBLAT.}$$

Djika 'Urd. baladnja 0° maka supaja dihitung seperti berikut:

cos. Meil x cos. perbedaan thul = sin. Irtifa' simit Mekkah.

$$\frac{\text{sin. perbedaan thul x cos. Meil}}{\text{cos. Irtifa' simit Mekkah}} = \text{cos. DERADJAH KIBLAT.}$$

Misal:

Akan mentjari arah kiblat bagi Jogjakarta.

Thul Jogja	110° 21'		
Thul Mekkah	39° 58' —		
Perbedaan Thul =	70° 23'		
Meil ('urd. Mekkah)	21° 30'	log sin. 956408	log. cos. 996868
'Urd. balad	7 48'	log. sin. 913263 +	log. cos. 999596 +
Bu'dul qutur	2° 51'	log. sin. 869671	
Ashal muthlaq	67 12'		log. sin. 996464
Perbedaan Thul	70 23'	....	log. cos. 952598 +
Ashal mu'addal	18° 02'	....	log. sin. 949062

Ashal mu'addal	18 02'	sin. 0,30957
Bu'dul qutur	2 51'	sin. 0,04972 —
Irtifa' simit Mekkah	15° 04'	sin. 0,25985
Perbedaan thul	70° 23'	log. sin. 997403
Meil	21 30'	log. cos. 996868 +
		994271
Irtifa' simit Mekkah	15° 04'	log. cos. 998481 —
DERADJAH KIBLAT =	24° 49'	log. cos. 995790

Mentjari kiblat bagi Djakarta.

Thul Djakarta	106° 49'		
Thul Mekkah	39 58' -		
Perbedaan Thul	66° 51'		
Meil ('urd. Mekkah)	21 30'	log. sin. 956408	log. cos. 996868
'Urd. balad	6° 10'	log sin. 903109 +	log. cos 999748 +
Bu'dul qutur	2° 15'	log sin. 859517	
Ashal mutlaq			log. sin. 996616
Perbedaan Thul	66 51'	....	log. cos. 959455 +
Ashal mu'addal	21° 20'	....	log. sin. 956071
Ashal mu'addal	21 20'	sin. 0,36379	
Bu'dul qutur	2 15'	sin. 0,03926 —	
Irtifa' simit Mekkah	18° 56'	sin. 0,32453	
Perbedaan Thul	66° 51'	log. sin. 996354	
Meil	21 30'	log. cos. 996868 +	
		993222	
Irtifa' simit Mekkah	18° 56'	log. cos. 997584 —	
DERADJAH KIBLAT	25° 15'	log. cos. 995638	

Peringatan.

1. Bagi negeri jang bersamaan thulnja dengan thul Mekkah (39° 58').
   a. Djika negeri itu lebar tempatnja ('urd. balad) disebelah utara cht. istiwak dan lebih banjak dari pada lebar tempat Mekkah, maka arah kiblatnja keselatan benar (titik selatan).

b. Djika tidak sebagaimana a, maka arah kiblatnja ialah **keutara benar** (titik utara).

7. Bagi negeri jang perbedaan thulnja 180°.

a. Djika lebar tempatnja disebelah selatan cht. istiwak sedang deradjahnja sama dengan deradjah lebar tempat Mekkah, maka arah kiblatnja ialah **kesegala arah.**

b. Djika lebar tempatnja diselatan, sedang deradjahnja lebih banjak dari pada deradjah lebar tempat Mekkah, maka arah kiblatnja titik selatan.

c. Djika lebar tempatnja diselatan dan deradjahnja kurang dari deradjah lebar tempat Mekkah, maka arah kiblatnja adalah titik utara.

d. Djika lebar tempatnja disebelah utara, maka arah kiblatnja, titik utara.

DARI HAL RUBU' MUDJAJJAB.

Rubu' ialah suatu alat untuk hitungan goniometrische functies. bentuknja seperempat da-iroh. Busur b c besarnja 90° dinamakan qous (lihat gambar 40). Garis lurus a c dinamakan **djaib** (sinus), dan garis lurus a b dinamakan **djaib tamam** (cosinus). Titik a dinamakan **markaz** (pusat) dan diberi lobang ketjil untuk dimasuki benang. Pada benang tersebut diberi ikatan benang ketjil jang dapat dinaikkan dan diturunkan dinamakan **muri**. Agar benang tersebut dapat tergantung lurus, udjungnja diikatkan pada benda berat dan tergantung sehingga benda dan benang dapat bergojang kekanan dan kekiri. Benda tersebut dinamakan **sjakul** (bandul). Sepandjang garis djaib, biasa diberi lobang ketjil memandjang mulai dari titik c (penghabisan qous) sampai titik a (markaz), gunanja untuk melihat dan membuktikan lurusnja garis djaib tepat pada suatu benda misalnja Matahari, puntjak menara d.l.s. jang akan diambil irtifa'nja (tingginja). Lobang tersebut dinamakan **hadafah** (lobang pengintai). Qous tersebut dibagi atas 90 bagian masing - masing sebesar 1 deradjah, dan diberi angka mulai 0° sampai 90°. Garis djaib dan djaib tamam, masing - masing dibagi 60 bagian disebut sittini (perenam puluhan), atau boleh dibagi menurut sesukanja, misalnja dibagi 100 bagian dengan diberi angka mulai 0,00 kemudian 0,01, 0,02 dan

seterusnja sampai angka 1,00 disebut perseratusan atau disebut a'sjari (decimal) sebagaimana jang tersebut didalam daftar goniometrische functies jaitu dengan angka decimal mulai dari angka 0,00000 sampai angka 1.00000.

Selain dari pada itu, pada muka rubu' terdapat beberapa garis lurus dua matjam, pertama sedjadjar dengan garis djaib tamam dinamakan garis-garis djujub mabsuthoh, jang kedua sedjadjar dengan garis djaib dinamakan garis-garis djujub mankusah. Adapun banjaknja, masing-masing menurut banjak pembagian garis djaib atau garis djaib tamam, jaitu 60 (sittini) atau 100 seperti tersebut diatas.

Tiap-tiap deradjah pada qous dapat diketahui sinus dan cosinusnja, jaitu sinus pada garis djaib dan cosinus pada garis djaib tamam. Dalam gambar 40, a s = sinus bagi deradjah b f; a k = cosinus bagi deradjah b f.

TJARA MENGGUNAKAN RUBU'.

a. Mengambil irtifa' sesuatu benda.

Lihatlah puntjak benda jang akan diambil irtifa'nja dari lobang hadafah tersebut, setelah kelihatan tepat puntjak benda itu, maka lihatlah benang jang tergantung lurus karena diberati sjakul, jaitu lurus kederadjah berapakah pada qous. Maka titik deradjah jang tepat pada benang itulah irtifa' benda tersebut dihitung mulai dari 0°.

b. Untuk mengalikan : (lihat gambar 41).

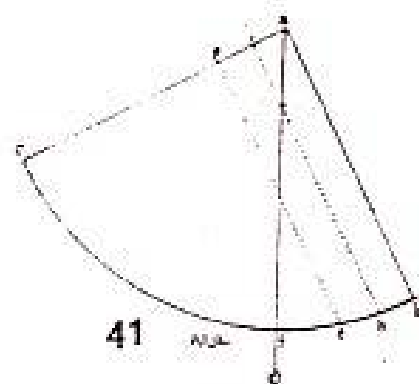
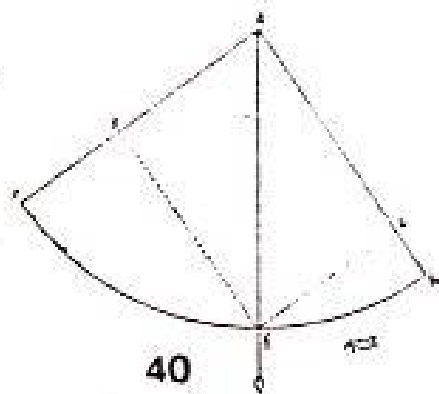
Misalnja akan mengalikan sin. b e° x b f°; Lebih dahulu tjarilah sin. b e° pada garis djaib, maka terdapat a g; kemudian benang dibentangkan digaris djaib a c, dan muri dibenarkan pada titik g, kemudian benang lalu dipindah ke titik f pada qous, maka muri akan tiba di garis djujub bagi b h dan sin. a i. Djadi sin. b e° x sin. b i° = sin. b h°.

c. Untuk membagi.

Misalnja akan membagi sin. b h° ; sin. b e° ; Lebih dahulu benang dipasang digaris djaib a c, muri dibenarkan di g, kemudian benang dipindah ketempat jang sekiranja muri dapat terletak digaris djujub i h, maka benang itu akan tiba di b f° pada qous. Maka pendapatan sin. b h° ; sin. b e° = sin. b f°.

Adapun mengenai tangens dan cotangens ialah bahwa: tangens = sin : cos. dan cotangens = cos : sin. Maka pada gambar 40, as : ak = tg. bagi bf° dan ak : as = cot. bagi bf°.

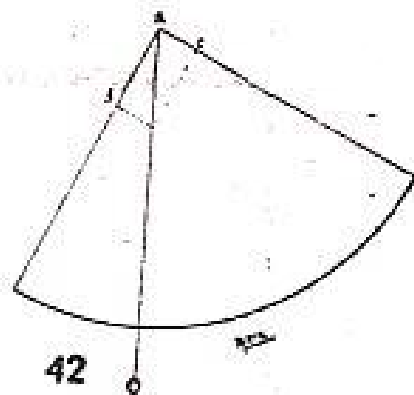
40

41

BAJANGAN TEGAK (ظل مبسوط) DAN BAJANGAN TERBALIK (ظل منكوس).

Bajangan tegak ialah pandjang bajangan benda jang berdiri, bajangan terbalik adalah sebaliknja misalnja paku atau batang lurus jang dipantjangkan pada tembok berpenjiku, maka bajangan pada muka tembok itulah bajangan terbalik. Perhatikan pada gambar 42.

Dimisalkan :
a d = pandjang benda,
maka a c = pandjang bajangan tegaknja.

Dimisalkan :
a c = pandjang benda,
maka a d = pandjang bajangan terbalik.

42

Tjontoh akan mentjari meil Matahari dengan rubu' :
dalam anggaran tersebut :
sin. bu'dud darodjah x sin. meil kulli (23° 27') = sin. meil.
Kami misalkan pada hari 5 Desember (lihat muka). Matahari tiba diburudj Qous 12° (8 L. 12°), bu'dud darodjahnja 72°.

Bentangkan benang pada garis djaib (a c), muri dibenarkan pada sin. 72°, kemudian benang dipindah pada deradjah 23° 27' pada qous, maka deradjah pada qous jang lurus dengan muri sepandjang garis djujub mabsuthoh, itulah meil-nja.

Tjontoh akan mentjari nishful-fudlah :
dalam anggaran tersebut :
sin. bu'dul kutur : sin. ashal muthlaq = sin. nishful-fudlah.
Kami misalkan bu'dul kutur 2° 57', as. muthlak 66° 30' (lihat muka).

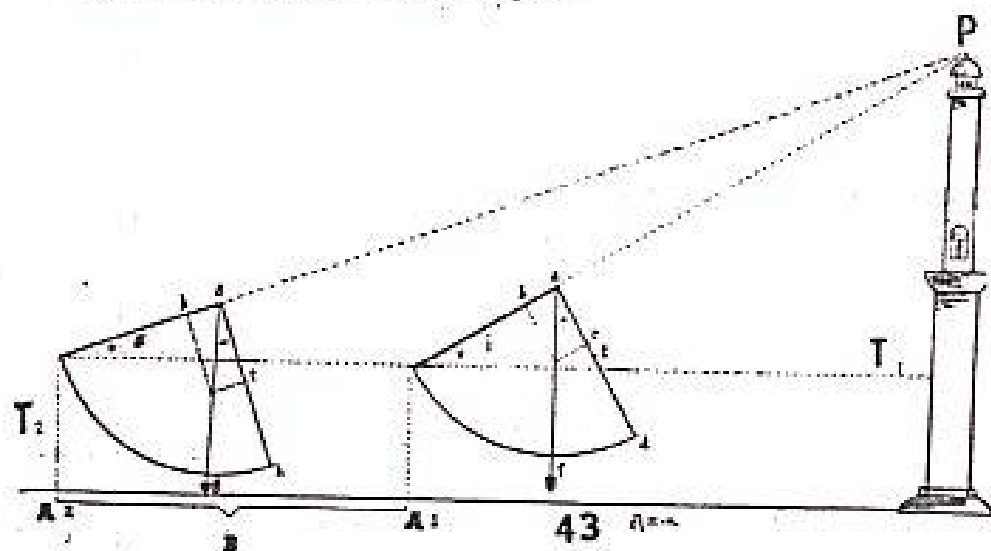
Bentangkan benang pada garis djaib (a c), muri dibenarkan pada sin. 66° 30', kemudian benang dipindah ketempat sekiranja muri tepat lurus sepandjang garis djujub mabsuthoh dengan deradjah 2° 57' pada qous. Maka tepatnja benang pada qous, itulah nishful-fudlahnja.

Dengan alat rubu' dapat kita gunakan untuk mengetahui berapa meterkah tinggi benda misalnja gunung, menara, pohon kelapa, demikian pula lebar sungai, tanah lapang dan dalamnja perigi d.l.s.

Akan mengetahui tinggi benda misalnja puntjak menara, lebih dahulu, ambillah irtifa'nja, kemudian tjarilah bajangan tegaknja (ظل مبسوط). Kami misalkan tinggi benda pada garis djaib 20 ruangan (pada rubu' sittini, pada garis djaib dan djaib tamam terdapat 60 ruangan), bajangan tegaknja terdapat pada garis djaib tamam. Kemudian bajangan tegak tersebut ditambah seperberapa sadja sesukanja dari 20, misalnja $^1/_2$ nja jaitu 10 ruangan, setelah bajangan tegak ditambah 10, maka tjarilah irtifa'nja, terdapat irtifa' djumlahan. Kemudian mundurlah dari tempat berdiri semula sehingga terlihat irtifa' puntjak menara tepat dengan irtifa' djumlahan. Sesudah tepat, ukurlah berapa meter djauh diantara tempat berdiri jang pertama sampai ketempat sesudah mundur itu. Kemudian djauh diantara dua tempat tersebut dikalikan 2 (20 = 10 x 2) = terdapat tinggi menara. (lihat gambar 43).

Akan mengetahui dalamnja perigi, berdirilah ditepinja dan ambillah deradjah dalamnja (انخفاض) jaitu lurusnja hadafah dilihat dari markaz dengan tepi air jang berhadapan, maka tepatnja benang pada qous, itulah deradjah dalamnja. Kemudian ukurlah pandjang garis tengah perigi, dan tempatkan ukuran pandjang garis tengah ini pada garis djaib tamam, kemudian lihatlah lurusnja sampai kepada benang sepandjang garis djujub mankusah, maka lurusnja titik pertemuan dengan benang tadi sepandjang garis djujub mabsuthoh pada garis djaib, itulah ukuran dalamnja perigi dihitung dari markaz. Agar lebih djelas lihat gambar 44.

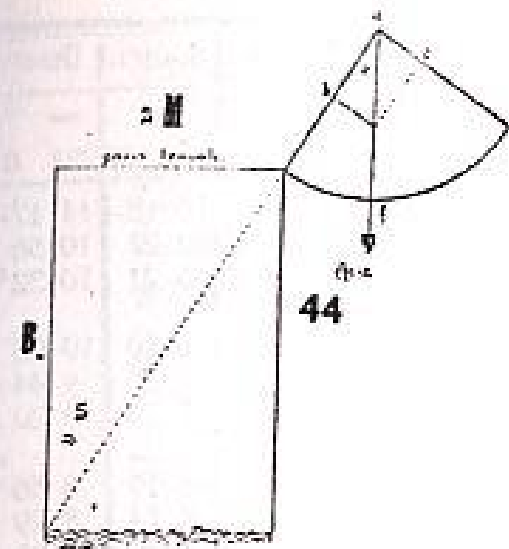
Akan mengetahui lebar sungai atau tanah lapang d.l.s.
Berdirilah pada tepi sungai, dan ambillah deradjah dalamnja (انخفاض) jaitu lurusnja hadafah dilihat dari markaz dengan tepi seberang hadapan, kemudian tempatkan ukuran tinggi badan orang (mulai dari kaki sampai kemata) pada garis djaib, maka bajangan tegaknja pada garis djaib tamam itulah ukuran lebar sungai tersebut dihitung dari markaz, lebih djelas lihatlah gambar 45.

P = puntjak menara.
d f = irtifa' P ketika orang berdiri di A^1.
g h = „ P „ „ „ „ A^2.
a b = di-kira-2kan tinggi benda (20 ruang).
a c = bajangan tegak a b ketika di A^1.
c t = tambahan (dimisalkan $\frac{1}{2}$ a b = 10 ruangan).
T^2 = tinggi orang mulai kaki-mata.
B = djauh diantara dua tempat.

Gambar 43.

d f sama dengan sudut i
g h „ „ „ s

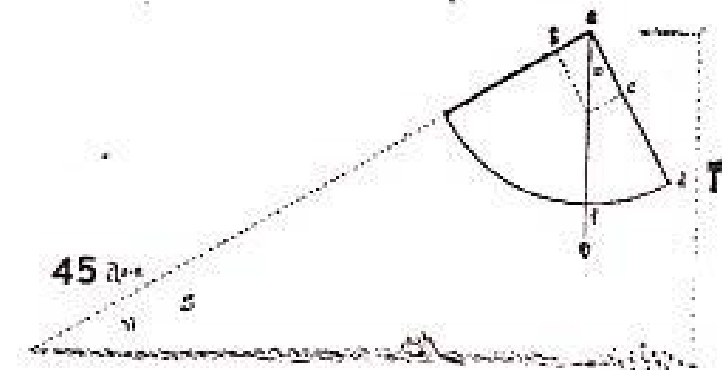
Tersebut diatas dapat dihitung dengan menggunakan daftar goniometrische functies dengan anggaran :

$$\frac{B \times \sin. \quad s \times \sin\ i}{\text{SIN.} \quad (i - s)} = P\ T^1$$

$P\ T^1 + T^2$ = tinggi menara.

Gambar 44.

a c = dikira2kan pandjang garis tengah.
a b = bajangan terbalik = ukuran dalamnja perigi.
d f = deradjah dalamnja (انخفاض), complement
d f = sudut s.
B = dalamnja perigi.

Tersebut diatas dapat dihitung dengan menggunakan daftar goniometrische functies dengan anggaran :

2 M : tg. s = B (dalamnja perigi). atau : 2 Mxcot. s = B.

Gambar 45. B

T = tinggi orang dari kaki-mata.
d f = deradjah dlm.(انخفاض).
a b = dikira2kan tinggi T.
a c = baj. tegak = ukuran lebar sungai.
d f = sudut s.

Tersebut diatas dapat dihitung dengan daftar functies goniometrische dengan anggaran :

T : tg. s = B (lebar sungai). atau : T x cot. s = B.

PERBEDAAN DJAM WASATHI dengan DJAM ISTIWAK.

Tgl.	Djanu.	Pebr.	Maret	April	Mei	Djuni	Djuli	Agust.	Sept.	Oktob.	Nopem.	Desem.
	+	+	+	+ —	—	— +	+	+	+ —	—	—	— +
	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc	mn sc
1	3 12+	13 34+	12 40+	4 16+	2 50-	2 31-	3 25+	6 13+	0 17+	9 57-	16 18-	11 17-
2	3 40	13 41	12 30	3 58	2 57	2 22	3 37	6 10	0 02-	10 16	16 21	10 56
3	4 07	13 49	12 17	3 40	3 03	2 12	3 48	6 06	0 20	10 36	16 21	10 32
4	4 35	13 56	12 04	3 22	3 10	2 03	4 00	6 03	0 40	10 54	16 20	10 08
5	5 02	14 04	11 51	3 04	3 16	1 54	4 11	5 57	1 00	11 12	16 20	9 44
6	5 30	14 07	11 38	2 46	3 23	1 43	4 21	5 51	1 19	11 31	16 19	9 20
7	5 56	14 11	11 25	2 29	3 27	1 32	4 31	5 44	1 39	11 49	16 19	8 56
8	6 21	14 14	11 10	2 12	3 31	1 22	4 40	5 38	1 59	12 07	16 14	8 29
9	6 47	14 18	10 55	1 56	3 35	1 11	4 50	5 32	2 20	12 23	16 09	8 02
10	7 12	14 21	10 39	1 39	3 39	1 00	5 00	5 23	2 40	12 39	16 05	7 36
11	7 38	14 21	10 24	1 22	3 41	0 48	5 08	5 14	3 01	12 55	16 00	7 09
12	8 01	14 20	10 09	1 06	3 41	0 35	5 16	5 05	3 21	13 11	15 55	6 42
13	8 24	14 20	9 53	0 51	3 45	0 23	5 24	4 56	3 42	13 27	15 46	6 14
14	8 46	14 19	9 36	0 35	3 45	0 10-	5 32	4 47	4 03	13 40	15 37	5 45
15	9 09	14 19	9 20	0 20	3 46	0 02+	5 40	4 35	4 24	13 54	15 28	5 17
16	9 32	14 15	9 03	0 04+	3 47	0 15	5 46	4 23	4 46	14 07	15 19	48
17	9 52	14 11	8 47	0 10-	3 45	0 28	5 51	4 11	5 07	14 21	15 10	4 20
18	10 11	14 07	8 29	0 24	3 43	0 41	5 57	3 59	5 28	14 34	14 57	3 50
19	10 31	14 03	8 12	0 37	3 42	0 54	6 02	3 47	5 49	14 45	14 44	3 21
20	10 50	13 59	7 54	0 51	3 40	1 07	6 08	3 33	6 10	14 55	14 31	2 51
21	11 10	13 52	7 37	1 05	3 38	1 20	6 11	3 18	6 32	15 06	14 18	2 22
22	11 26	13 44	7 19	1 17	3 33	1 33	6 13	3 04	6 53	15 16	14 05	1 52
23	11 41	13 37	7 01	1 28	3 29	1 46	6 16	2 49	7 14	15 27	13 48	1 22
24	11 57	13 29	6 43	1 40	3 24	1 59	6 18	2 35	7 35	15 34	13 31	0 52
25	11 12	13 22	6 24	1 51	3 20	2 12	6 21	2 18	7 56	15 42	13 14	0 23-
26	12 28	13 12	6 06	2 03	3 15	2 24	6 21	2 02	8 16	15 49	12 57	0 07+
27	12 40	13 01	5 48	2 12	3 08	2 37	6 21	1 45	8 37	15 57	12 40	0 37
28	12 51	12 51+	5 30	2 22-	3 01	2 49	6 20	1 29	8 58	16 04	12 19	1 07
29	13 03	— —	5 11	2 31	2 54	3 02	6 20	1 12	9 18	16 07	11 58	1 36
30	13 14	— —	4 53	2 41	2 47	3 14+	6 20	0 54	9 37-	16 11	11 38-	2 06
31	13 26+	— —	4 34+	— —	2 40-	— —	6 17+	0 35+	— —	16 14-	— —	2 35+

Tanda + dan — tersebut diatas menerangkan + = ditambah dan — = dikurangi dari djam istiwak djika akan disesuaikan dengan djam wasathi.

ISI BUKU:

Halaman.

Halaman

BAHAGIAN KE III.